

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**OPTIMALIZACE HLOUBKY ZÁVARU PŘI SVAŘOVÁNÍ
TENKOSTĚNNÝCH TRUBEK METODOU MIG/MAG
(OPTIMIZING PENETRATION SIZE DURING GMAW
WELDING OF THIN-WALLED TUBES)**

Student:

Dobeš Václav

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vladislav Ochodek

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student:

Václav Dobeš

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

Optimalizace hloubky závaru při svařování tenkostěnných trubek
metodou MIG/MAG
Optimizing Penetration Size During GMAW Welding of Thin-walled
Tubes

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te rozbor technologie svařování metodou MIG/MAG.
2. Charakterizujte svařovanou konstrukci a požadavky na hloubku závaru.
3. Navrhněte a realizujte experimentální program ověření vlivu svařovacích parametrů na hloubku závaru při svařování tenkostěnných trubek.
4. Vyhodnoťte provedené zkoušky a poved'te diskusi dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

ASM. Handbook vol. 6, *Welding, Brazing, Soldering*. ASM 2001.
KOPŘIVA, R. *Technológia zvarania v ochranných plynoch metodou MIG/MAG*. ZEROSS, 1993.
ASNIS, A., GUTMAN, M. *Svařování ve směsi aktivních plynů*. SNTL 1988.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladislav Ochodek**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013


prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě : 14.5.2013



podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 14.5.2013



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Václav Dobeš

Adresa trvalého pobytu autora práce: Raškov 61, Bohdík

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

DOBEŠ, V. *Optimalizace hloubky závaru při svařování tenkostěnných trubek metodou MIG/MAG: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2013, 53 s., Vedoucí práce: Ochodek, V.

Bakalářská práce se zabývá optimalizací hloubky závaru při svařování tenkostěnných trubek metodou 135 - MAG – v úvodí teoretické části jsou uvedeny základní údaje o svařované tenkostěnné trubce. Dále jsou uvedeny vady, které vznikají při svařování a metody odhalující jejich vady. V dalších kapitolách je charakterizována technologie MIG/MAG, vliv svařovacích a technologických parametrů na tvar svarové housenky. V experimentální části je popsáno svařování tenkostěnné trubky zdrojem CO₂ KIT W400 Standart Plus, svařování inventorovým zdrojem Transpuls synergic 2700 dále zkouška bodování zdrojem PowerWave 345M C. Další část je dokončení v pájecích pecích. V závěru práce je vyhodnocení dosažených výsledků.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

DOBEŠ, V. *Optimizing Penetration Size During GMAW Welding of Thin - walled Tubes: bachelor thesis*. Ostrava: VSB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2013, 53 p., Thesis, head: Ochodek, V.

The bachelor thesis deals with optimizing penetration size during GMAW welding of thin - walled tubes - in the introduction of the theoretical part there are mentioned basic information about the welding thin-walled tube. Following are defects that arise during the welding and methods that revealing defects. In other chapters there are shown GMAW technologies and the effect of welding and machining parameters on a shape. In the experimental section there is shown welding of thin-walled tubes by CO₂ KIT W400 Standard Plus, then welding by Transpuls Synergic 2700 and the test of scoring by Power Wave 345mm C. Next part is about finishing in soldering ovens. In the conclusion of the bachelor thesis there is an evaluation of obtained results.

Obsah

Seznam použitého značení:.....	- 8 -
0. Úvod.....	- 9 -
1. Charakteristika současného stavu	- 11 -
1.1 Materiály svařovaného celku	- 12 -
1.2 Vady ve svarových spojích	- 13 -
1.2.1 Typy vad při svařování.....	- 14 -
1.2.2 Typy vad a příčiny jejich vzniku	- 14 -
1.2.2.1 Vady typu trhlin	- 15 -
1.2.2.2 Ostatní typy vad	- 16 -
1.2.3 Metody zjišťování svarových vad	- 17 -
1.2.3.1 Nedestruktivní zkoušky svarů (NDT)	- 17 -
1.2.3.2 Destruktivní zkoušky svarů.....	- 18 -
2. Technologie svařování 135 -MAG	- 19 -
2.1.1 Svařování metodou MIG (131)	- 20 -
2.1.2 Svařování metodou MAG (135).....	- 20 -
2.2 Rozdíl mezi použitím interního a aktivního plynu.....	- 21 -
2.3 Svařování metodou MIG/MAG (131/135) výhody,nevýhody.....	- 21 -
2.4 Technologie svařování MIG/MAG (131/135) ochranné plyny	- 22 -
2.5 Svařovací dráty pro svařování metodou MIG/MAG (131/135).....	- 24 -
3. Vliv svařovacích a technologických parametrů na tvar svarové housenky	- 26 -
3.1 Svařovací proud	- 27 -
3.2 Svařovací napětí	- 27 -
3.3 Rychlost svařování	- 29 -
3.4 Proudová hustota.....	- 30 -
3.5 Průměr drátu.....	- 30 -
3.6 Úhel sklonu drátu a poloha svařování.....	- 31 -
3.7 Vliv složení základního a přídavného materiálu	- 33 -
3.8 Polarita a druh svařovacího proudu.....	- 33 -
3.9 Volná délka drátu - vyložení	- 34 -
3.10 Příprava svarových ploch.....	- 35 -
3.11 Volba svařovacích parametrů.....	- 36 -
4.Návrh svařovacích parametrů a provedení experimentů	- 37 -

4.1 Svařování tenkostěnné trubky MIG/MAG svářečkou CO ₂ KIT 400W	- 37 -
4.1.1 Používané strojní zařízení.....	- 37 -
4.2 Svařování tenkostěnné trubky inventorním svařovacím zdrojem MIG/MAG (Transpuls synergic 2700).....	- 42 -
4.2.1 Používané strojní zařízení.....	- 42 -
4.3 Další zkoušené bodování svářečkou Power Wave 345M C.....	- 47 -
4.4 Pájení tenkostěnné trubky v pájecích pecích	- 47 -
5. Závěr a zhodnocení dosažených výsledků.....	- 50 -
Poděkování.....	- 51 -
Seznam použitých pramenů:	- 52 -

Seznam použitého značení:

Značení	Význam	Jednotka
R_m	mez pevnosti materiálu	[MPa]
$R_{p0,2}$	smluvní mez kluzu materiálu	[MPa]
A	tažnost	[%]
h_e	hloubka závaru	[mm]
h_a	převýšení housenky	[mm]
MIG	Metal Insert Gas	-
MAG	Metal Active Gas	-
GMAW	MIG/MAG	-
TIG	Tungsten Inert Gas	-
MMA	Manual Metal Arc	-
SAT	Swift Arc Transfer	-
e	délka vyložení drátu	[mm]
c	šířka svarové housenky	[mm]
α	úhel sklonu hořáku	[°]
b	výška závaru	[mm]
\varnothing	průměr	[mm]
a	převýšení svarové housenky	[mm]

0. Úvod

Firma ZKL Hanušovice, a.s. se v současné době zabývá výrobou dílů pro automobilový průmysl, především přesnou výrobou ohýbaných trubek pro osobní automobily převážně značky Volkswagen a Audi. Strojní činnosti se zde věnují již od roku 1957, kdy závod patřil pod společnost Karosa, která sídlila ve Vysokém Mýtě. O pár let později se firma stala závodem na výrobu traktorů a ložisek, která spadala pod Zetor Brno, kde se začala vyrábět ložiska a díly na traktory.

Kolem roku 1990 nastal zlom, kdy poklesla výroba traktorů. Firma musela reagovat a změnit celý výrobní program. Po roce 1995 firma začala spolupracovat s automobilovým průmyslem, kdy začala vyrábět součástky do osobních automobilů především trubky topení, chlazení, odvzdušňování a také palivové systémy motorů osobních vozů. Firma ohýbá a dokončuje trubky od 8 do 42 mm, ale také tenkostěnné a bezešvé. Tyto trubky jsou převážně z materiálů EN 10305 a hliníkových slitin. Převážně zde ohýbají trubky z oceli třídy 10 a 11. Tyto trubky se poté používají pro chladicí kapalinu a pro palivové systémy motorů. Trubky by také měly splňovat odpovídající povrchovou úpravu, které je dosaženo nanesením vrstvy ZnNi, případně vrstvy Zn.

V dnešní době je firma ZKL Hanušovice a.s, známa především výrobou pro automobilový průmysl, jak ohýbáním trubek, tak výrobou valivých ložisek. V současnosti firma ZKL Hanušovice a.s, má tři firmy po celé České republice, které sídlí v Klášterci nad Ohří, Brně a v Hanušovicích.

Automobilový průmysl v České republice představuje nejrozvinutější odvětví. Díky dlouhodobé tradici se automobilovému sektoru podařilo rozvinout ve vyspělou základnu. Produkuje více než 20 % objemu výroby. Průmysl tvoří 35 % českého hospodářství. Věda a výzkum v novodobé historii českého automobilového průmyslu se může pyšnit mnoha úspěchy a výsledky ve výrobě automobilů. Proto se také po celém světě vyrábí přes tisíce automobilů denně. Celosvětově automobilový průmysl zaměstnává okolo 8,5 milionu lidí. V České republice to je kolem 120 tisíc lidí. V Česku je nejprodávanější značkou Škoda Auto s modelem Fabia. Na výrobu dopravních prostředků jsou závislá další odvětví průmyslu. Ve 20. letech se vývoj spalovacích motorů zrychlil a automobily se stále zdokonalovaly. V dnešní době je automobilový průmysl na velice vysoké úrovni.

Tenkostěnná trubka pro vedení chladící je vyrobena z oceli EN 10305-3 E195+N. Trubka koná funkci ochlazování motorového systému. Svařování tenkostěnných trubek přináší řadu problémů. Nejčastější problém je průvar základního materiálu, který je nevyhovující.

1. Charakteristika současného stavu

Využití oceli v dnešní době je velice rozsáhlé ve všech odvětvích průmyslu. Jedna z oblastí je i automobilový průmysl, kde se využívají tenkostěnné trubky pro vedení chladicí kapaliny, aby nedocházelo k nepřehřátí motoru. Tato tenkostěnná trubka je nezbytnou součástí systému, kde zaručuje správnou činnost celého konceptu. To pak zaručuje chod cirkulující kapaliny a stále ochlazování motoru.[1]

Při montáži jednotlivých dílů do celku můžeme využít různé metody spojování. Pro zvolení nejvíce vhodné technologie ke spojování součástí závisí mnoho faktorů, jak z hlediska ekonomického, tak z hlediska technického. V úvahu bereme jak konstrukci materiálu, tak i funkčnost konstrukce, popřípadě z jakého materiálu je konstrukce vyrobena. Zadaná součást, která je z oceli třídy 10, je určena pro řešení problému svařování metodou 135 - MAG. Tato tenkostěnná trubka je tvarově složitá a slouží jako vedení chladicího systému. Zvolená součást se skládá ze tří držáků o tloušťce 2 mm, tři vývodek a samotnou tenkostěnnou trubkou o tloušťce 1 mm. Svařování se zde aplikovalo z důvodu toho, aby úchyty a vývodky splňovaly požadovanou pevnost, kterou požadovala automobilka.



Obr. 1 Vedení pro chladicí kapalinu

1.1 Materiály svařovaného celku

Materiál trubky:

EN 10305-3 E195+N

Tento druh materiálu se používá zejména na různé profily a přesnou výrobu trubek. Materiálová jakost je E195+N. Tyto trubky mají veliké využití hlavně v automobilovém průmyslu. Dále se dají také upravit zinkováním, lakováním, závitováním, drážkováním a žíháním.[4]

Tab. 1 Obsah prvků v materiálu EN 10305-3 E195+N v % hmot.[3]

Chemický prvek	C	Si	Mn	P	S	Al celk. b)
[%]	0,15	0,35	0,7	0,025	0,025	0,015

Tab. 2 Mechanické vlastnosti materiálu EN 10305-3 E195+N.[3]

Vlastnost	Hodnota	Jednotka
Mez pevností (Rm)	300 až 440	[MPa]
Mez kluzu (ReH)	195	[MPa]
Tažnost (A)	28	[%]

Materiál držáků:

EN 10130 - DC01

Tab. 3 Obsah prvků v materiálu EN 10130 - DC01 v % hmot. [5]

Chemický prvek	C	Mn	P	S	Si	Al
%	0,12	0,6	0,045	0,045	0,03	0,02

Tab. 4 Mechanické vlastnosti materiálu EN 10130 - DC01. [5]

Vlastnost	Hodnota	Jednotka
Mez pevností (Rm)	270 až 410	[MPa]
Mez kluzu (ReH)	280	[MPa]
Tažnost (A)	28	[%]

Přídavný materiál:

Svařovací drát o průměru 0,8mm OK 12.50

Lesklý, nepomědřený svařovací drát určený pro svařování většiny běžných nelegovaných konstrukčních ocelí s pevností v tahu do 530 MPa, např. pro výrobu ocelových konstrukcí, tlakových nádob, transportních zařízení apod. Je vhodný i pro svařování jemnozrnných ocelí s mezí kluzu do 420 MPa. Výborné podávací vlastnosti umožňují použití vysokoproduktivní metody SAT.[6]

Tab. 5 Obsah prvků v drátu OK 12.50 v % hmot. [7]

Chemický prvek	C	Mn	Si
[%]	0,1	1,5	0,9

Tab. 6 Mechanické vlastnosti drátu OK 12.50. [7]

Vlastnost	Hodnota	Jednotka
Mez pevností (Rm)	495	[MPa]
Mez kluzu (ReH)	370	[MPa]
Tažnost (A)	28	[%]

Ochranný plyn:

Jako ochranný plyn se používá CO₂, který se při svařování používá jako samostatný nebo ve směsi. Vyrábí se podle normy ČSN 65 1743 na svařování s nejmenším obsahem 99,5% oxidu uhličitého, zbytek tvoří voda a jiné nečistoty. Používá se při svařování krátkým obloukem, zkratovým přenosem a v mezi oblasti zkratového přenosu na svařování nízkolegovaných a nelegovaných ocelí. [2]

1.2 Vady ve svarových spojích

Požadavky u tenkostěnné trubky na kvalitu závaru jsou velmi přísné. Největší důraz se klade na to, aby nevznikl průvar základního materiálu. Tato vada by omezovala plynulý průchod chladicí kapaliny.

Vady ve svarech jsou velmi nebezpečné kvůli napětí, které ovlivňují mez únavy. Vada je každá odchylka od vlastností předepsaných technických norem, podmínkami nebo smluvním vzorkem. Vady můžeme zjistit pouhým okem, které jsou na povrchu nebo mohou být uvnitř svaru, které zjistíme pomocí přístrojů nebo laboratorními zkouškami. Podle předpisů mohou být vady přípustné, nepřípustné nebo opravitelné a neopravitelné. Přípustné vady jsou takové, u kterých nemusí být odstranění nutné. Nepřípustné vady jsou takové, které neodpovídají hodnotám, které jsou povolené. Tyto vady mohou být neopravitelné nebo opravitelné. Dále můžeme pustit jenom ty vady, u kterých jsme si jistí, že u jejich zatížení v provozu nedojde k ohrožení bezpečnosti svarových konstrukcí.[14]

1.2.1 Typy vad při svařování

Vady vznikají u všech procesů svařování. Vady a defekty, které se vyskytují ve svarových spojích a návarech rozdělujeme podle polohy výskytu a podle tvaru. Rozdělení vad podle tvaru rozdělujeme na bodové vady, objemové vady a plošné vady. Ve skupině bodových vad se vyskytují mikropóry nebo malé vměstky. V plošných vadách se vyskytují trhliny, neprůvary a studené spoje. V objemové skupině vad se objevují dutiny, vměstky, staženiny, zápaly, vruby. Vady podle polohy jsou povrchové vady, kam patří například trhliny, studené spoje, zápaly, póry atd. Dále jsou vnitřní vady, kde patří ku například dutiny, bubliny, póry, vměstky, atd.[14]



Obr. 2 Vady ve svarech podle tvaru a polohy[14]

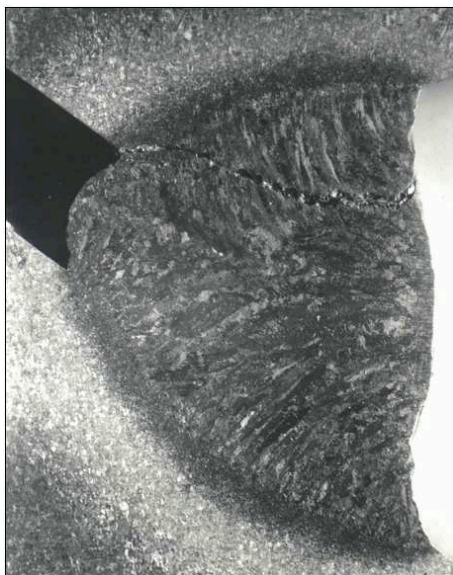
1.2.2 Typy vad a příčiny jejich vzniku

Vady, které vznikají ve svarových spojích jsou závislé na metodě svařování a druhu svařovaného materiálu. U každého materiálu, který je z výroby, tak má submikroskopické vady, které ovlivňují vlastnosti materiálu. Tyto vady, které vznikají při výrobě kovů si

mnohdy ani neuvědomujeme. Většinou se zabýváme vadami makroskopickými nebo mikroskopickými. Vady jsou poté snáze zjistitelné běžnými prostředky.[14,17]

1.2.2.1 Vady typu trhlin

- horké trhliny - příčinou vzniku je především chemické složení základního materiálu. Vysoký uhlík, mangan a další legující prvky. Vznik mezi teplotami 800 a 900°C.[14]



Obr. 3 Horká trhlina[14]

- studené trhliny - studené trhliny vznikají v nízkých teplotách pod 200°C. Studené trhliny se nejčastěji objevují v pod housenkové oblasti svarových spojů. Dále se mohou vyskytovat ve svarovém kovu, kořenové oblasti a v koncových oblastech svaru. Jejich orientace je příčná a podélná přes všechny oblasti svarových spojů. Mají transkrystalický charakter. Povrch mají lesklý, nezoxidovaný na rozdíl od trhlin za horka. Hlavní příčinou vzniku těchto trhlin je:
 - vodík ve svarovém spoji
 - přítomnost struktury citlivé na účinek vodíku
 - přítomnost zbytkových napětí.[12]



Obr. 4 Trhliny za studena[13,14]

- žíhací trhliny - vznik buď v nízko tepelné oblasti do 300°C kvůli vysokému teplotnímu gradientu mezi středem spoje a povrchem, nebo v oblasti dolních žíhacích teplot 500 až 600°C u oceli na bázi vanadu a chromu.[14]
- lamelární trhliny - vznikají v tepelně ovlivněné oblasti, ale i v základním materiálu za vysokých teplot. Mohou se šířit i za studena. Vznikají u napjatosti v místech, kde jsou nečistoty typu siřnkových nebo oxidačních vměstků.[14]
- kráterové trhliny - vznikají při náhlém ukončení svařování. Vznikají v dutině kráteru a sou zapříčiněny smršťováním při tuhnutí svarového kovu. Jsou také druhem horkých trhlín.[14]



Obr. 5 Kráterová trhlina[14]

1.2.2.2 Ostatní typy vad

Do této kategorie patří zejména neprůvary, studené spoje, póry a bubliny, vměstky a zápaly.

- neprůvary - vznikají důsledkem neúplného natavení základního materiálu nebo přilehlých svarových housenek. Tyto vady se nejčastěji objevují u svařování metodou MIG/MAG při zkratovém přenosu. Hlavní příčinou je nízký svařovací proud, vysoká rychlost svařování, velký průměr obalené elektrody, vysoká housenka, špatná úprava svarových ploch nebo předběhnutí svarové lázně. [14]
- studené spoje - vznikají nedokonalým tavným spojením základního materiálu se svarovým kovem nebo navařenou housenkou. Příčinou vzniku studeného spoje je nízký svařovací proud, nesprávné vedení elektrody, velká rychlost svařování nebo malý průměr elektrody. [14]
- póry a bubliny - jsou to objemové vady protáhlého nebo kulovitého tvaru, vyplněné plynem. Příčinou je špatně vysušená elektroda, nečistoty, dlouhý oblouk, vysoká rychlost, rychlé tuhnutí lázně nebo vlhkost plynu. [14]
- vměstky - můžou být různé typy. Nejčastěji jsou to struskové vměstky, které vzniknou špatným odstraněním strusky mezi svařovacími vrstvami, nebo když je špatně položena svarová housenka. Dále jsou oxidační vměstky, které vznikají kvůli nedokonalému čištění povrchu. Vyskytují se u oxidů hliníku a hořčíku. Kovové vměstky, které vznikají kvůli vysokým proudům při dotyku elektrody s tavnou lázní, nebo když je porušena plynová ochrana. [14]
- zápaly - jsou to prohloubení na hranicích svarové housenky a základního materiálu. Nejčastěji se vyskytují u koutových svarů. Příčinou vzniku je velký svařovací proud, nevhodný průměr elektrody, její špatné vedení nebo dlouhý oblouk.[14]

1.2.3 Metody zjišťování svarových vad

U metod odhalování vad a kontroly svarů rozdělujeme tyto metody podle vlivu, který mají na svarový spoj. Jsou dvě skupiny, nedestruktivní, kde nedochází k porušení svaru a destruktivní, kde je svar poškozen.[17]

1.2.3.1 Nedestruktivní zkoušky svarů (NDT)

Tato kategorie je nejrozšířenější ze skupiny zkoušek, protože zkoušené svary se po zkoušce dají bez problémů použít tam, kde chceme. Pokud po zkoušce zjistíme, že se ve svaru nevyskytují chyby nebo vady, bude nám svařovaná součást sloužit v provozu. Dále velkou výhodou je, že kontrolovat svar můžeme bez nutného demontování. Zkoušky nám pomáhají zjišťovat vnitřní i povrchové vady, které porušují celistvost svaru. Nedestruktivní zkoušky se

v dnešní době používají u každého výrobního procesu ale může se stát, že zkouška bude podmínkou k prodejnosti výrobku. Nedestruktivní zkoušky nemůže provádět každý. Je zapotřebí certifikovaného pracovníka. Pracovník může mít tři stupně certifikace. Stupeň 1 tady může pracovník provádět zkoušky pod dohledem pracovníka s certifikací se stupněm 2 nebo 3. Nesmí samostatně hodnotit a posuzovat výsledky a vyplňovat protokoly o zkoušce. Stupeň 2 zde může pracovník provádět nedestruktivní zkoušky podle stanovených postupů. Posuzovat výsledky a vyplňovat protokoly. Stupeň 3 je pracovník klasifikován provádět jakoukoliv nedestruktivní zkoušku, ale pouze v metodě, pro kterou je certifikován. Do skupiny nedestruktivních zkoušek ke zjištění povrchových vad se používají zkoušky vizuální (VT), penetrační (PT) a magnetická prášková (MT). Pro zjištění vnitřních vad se používá prozařování (RT) a ultrazvuk (UT).[12,17]

1.2.3.2 Destruktivní zkoušky svarů

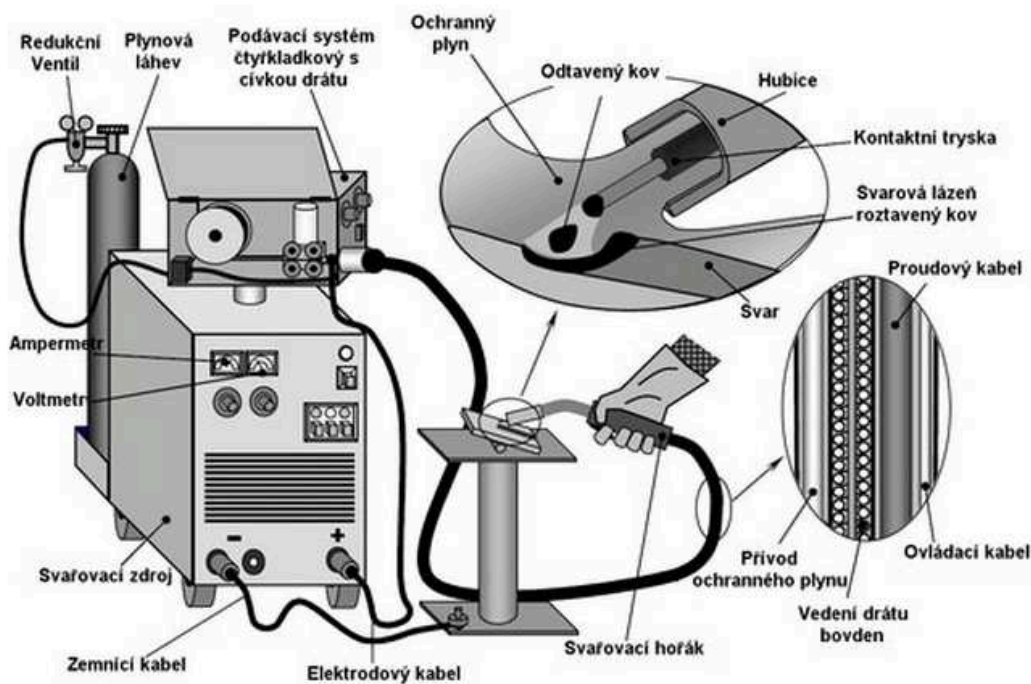
U destruktivních zkoušek se zajišťují mechanické vlastnosti materiálu. Aby byl provoz svařovaných konstrukcí bezpečný je důležité, aby vlastnosti spojů odpovídaly požadavkům pro konstrukci. K tomu je nutné zkoušet základní mechanické vlastnosti svarových spojů. Při destruktivním zkoušením se svarový spoj poruší, proto se nejprve zkoušky před začátkem výroby zkouší na zkušebních vzorcích. Svarové plochy a jejich mechanické vlastnosti můžeme zjistit na kontrolních svarových spojích, které byly svařené při výrobě svařované konstrukce, při stejném použití svařovaných materiálů, úprav svarových ploch, parametrů svařování a metody jako budou použity při svařování vlastní konstrukce. Mezi základní destruktivní zkoušky patří zkouška tvrdosti, zkouška mikrotvrdosti, zkouška tahem, zkouška rázem v ohybu, zkouška lámavosti a zkouška makro a mikrostruktury. Tyto zkoušky se provádí podle platných technických norem.[12,17]

2. Technologie svařování 135 -MAG

Významnější rozvoj této technologie můžeme řadit od roku 1940. Zlom nastal v používání prvních ochranných plynů argonu nebo hélia . Kromě svařování hliníku a jeho slitin se tato ochrana používala při svařování dalších barevných kovů a postupně i pro svařování ocelí. Umožňovalo se tím odtavovat přídavný materiál, který už byl ve tvaru trubiček nebo nekonečných drátů. Od roku 1950 vznikly možnosti mechanizace. Netavící se elektroda prošla dále vývojem.[2]

Při svařování v ochranných atmosférách se vždy sledovalo zlepšení ochrany svařovací lázně proti účinkům vnějšího okolí. Lázeň a oblouk jsou chráněny proudem aktivního nebo interního plynu. Interní plyn se používá u technologie MIG (Metal Insert Gas), aktivní plyn u metody MAG (Metal Active Gas). Tyto metody se hodí pro většinu materiálů. Přídavné materiály jsou v dnešní době k dispozici pro velký sortiment kovů.[2,8]

Svařování metodou MIG/MAG je produktivnější než MMA, kde se produktivita ztrácí kvůli výměně elektrody. Při metodě MMA vznikají materiálové ztráty při vyhazování nedopalků. Obalená elektroda se asi jen 65% stane součástí svaru. U drátu, který se začal používat se zvedla účinnost až na 95%. Metoda MIG/MAG je velice univerzální, kde lze svarový kov vkládat ve větším množství a ve všech polohách při svařování. Používá se pro lehké a středně těžké ocelové konstrukce, slitiny hliníku a tam, kde se vyžaduje velký podíl ruční práce při svařování.[8]



Obr. 6 Schéma svařování metodou MIG/MAG[9]

2.1.1 Svařování metodou MIG (131)

U technologie MIG je zdrojem tepla elektrický oblouk, který je mezi elektrodou, která se odtavuje, a základním materiálem. Metal Insert Gas zkráceně MIG se označuje jako poloautomatické svařování v ochranné atmosféře s interním plynem. Interní plyn má jenom jeden úkol a to je ochranná funkce, která má zamezit přístupu vzduchu k roztavenému kovu. U tohoto plynu nedochází k žádným chemickým reakcím ve svarové lázni, proto má plyn název interní, neboli netečný. Tato metoda s interním plynem se nejčastěji používá při svařování lehkých kovů. V dnešní době se jako plyny nejčastěji používají Argon, Argon + Helium.[10]

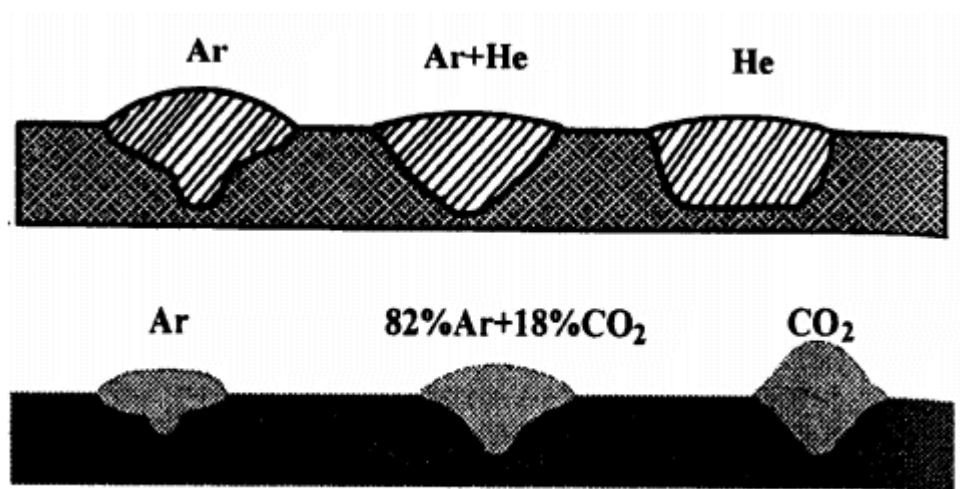
2.1.2 Svařování metodou MAG (135)

U této metody svařování je proces stejný jako u metody MIG. Metal Active Gas zkráceně MAG se označuje jako poloautomatické svařování v ochranné atmosféře s aktivním plynem. Aktivní plyn má za úkol ochranné funkce, tedy zamezit přístupu vzduchu k roztavenému kovu. Další jeho funkcí je, aby vstupoval do chemických reakcí ve svarové lázni. Aktivní plyn se tedy podílí aktivně na reakcích a procesech, které vznikají a probíhají ve svarové lázni a

okolí. V současné době se nejčastěji používají ochranné plyny CO_2 , Argon + CO_2 , Argon + O_2 . [10]

2.2 Rozdíl mezi použitím interního a aktivního plynu

Rozdíl mezi MIG a MAG svářečkou není. Svářečky jsou úplně stejné. Rozdíl je pouze v tom jaký použijeme ochranný plyn, zda interní nebo aktivní, a co budeme svařovat. Proto se tyto svářečky nazývají jedním názvem MIG/MAG svářečky. Na Obr. 3 vidíme rozdíly v závaru při použití aktivního a interního plynu. [10]



Obr. 7 Rozdíly v závaru při svařování metodou MIG a MAG [10]

2.3 Svařování metodou MIG/MAG (131/135) výhody, nevýhody

Metoda MIG/MAG má veliké uplatnění tam, kde se klade několik faktorů: rychlost svařování, opravitelnost a velký výkon odtavování. Nejrozsáhlejší uplatnění v dnešní době je u ručně, ručně-mechanizačně svařování nízkolegovaných, nelegovaných a nízkouhlíkových ocelí při použití plynu CO_2 . V dnešní době se zejména svařuje ve směsi plynu. [2]

Výhody technologie MIG/MAG (131/135)

- svařování ve všech svařovacích polohách,
- vysoká svařovací rychlost,
- nemusí se vyměňovat elektrody,

- menší nároky na čištění strusky,
- eliminace zplodin,
- svarová lázeň a oblouk je viditelná,
- svařování ve zkratovém přenosu - nižší teplo do svařence = nižší deformace.[9]

Nevýhody technologie MIG/MAG (131/135)

- svařovací zdroj je náročnější na obsluhu,
- vyšší pořizovací cena,
- riziko od fouknutí ochranného plynu,
- vysoké vyzářené teplo do prostoru.[9]

2.4 Technologie svařování MIG/MAG (131/135) ochranné plyny

V současné době se na ochranu oblouku používají jednokomponentní nebo vícekomponentní plyny. Podle složení projevuje oxidačním, neutrálním nebo nauhličujícím vlivem. Na volbě ochranného plynu rozhoduje technické i ekonomické činitele. Dříve se používaly jednokomponentní plyny, zejména výhodný CO_2 . Použití vícekomponentních plynů ovlivnily mnohé technické výhody a dostupnost. Nejčastější ochranné plyny, které se v současnosti používají jsou: Ar, He, $\text{Ar}+\text{O}_2$, CO_2 , $\text{Ar} + \text{CO}_2$, $\text{Ar} + \text{O}_2 + \text{CO}_2$, $\text{Ar} + \text{He} + \text{CO}_2$, $\text{Ar} + \text{H}_2$. [2]

Tab. 7 Fyzikální vlastnosti plynů - porovnání[2]

Plyn	Hélium	Argon	Kyslík	Oxid uhličitý
Chemická značka	He	Ar	O_2	CO_2
Bod varu při tlaku 0,101325 MPa, °C	-268,9	-185,7	-183	-78,45
Kritická teplota	-267,9	-122,5	-118,8	31,11
Kritický tlak, MPa	2,26	4,86	5,04	7,53
Měrná hmotnost při 0 °C a tlaku 0,101325 MPa $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	0,18	1,78	1,43	1,98
Relativní hustota (vzduchu = 1)		1,38	1,11	1,53

CO_2 - Oxid uhličitý:

Tento plyn je stále velice populární, zejména v malých firmách, provozovnách, ale i na hobby svařování. Důvodem proč je tak oblíbený je snadná dostupnost a velmi nízká cena. V

dnešní době tento plyn překonaly aktivní směsné plyny na bázi argonu. CO₂ má dobrý závar, ale podporuje vytváření karbidů a oxidů, které negativně ovlivňují mechanické vlastnosti svaru. Nevýhodou je, že při čistém CO₂ má oblouk velké napětí což má velký vliv na rozstřík, který je velký. Oxid uhličitý se používá na svařování nízkolegovaných a nelegovaných ocelí. Nehodí se pro svařování vysoce legovaných ocelí nebo pro nerez.[10]

Ar + CO₂ - Argon + Oxid uhličitý

Plyn s vylepšenými vlastnostmi, ale to se odrazilo i na ceně, která je vyšší než čistý CO₂. Použití hlavně ve velkých provozech a tam, kde chtějí a kladou důraz na kvalitu a produktivitu svařování. CO₂ ve směsi musí být maximálně 25%, protože kdyby obsah oxidu uhličitého byl větší potom by byl Ar ve směsi zbytečný. Ve výsledku by svařování bylo stejné jako s čistým CO₂. Svařují se nízkolegované a nelegované oceli. Nejznámější směsi jsou: 82%Ar + 18%CO₂ a 92%Ar + 8%CO₂. [10]

Ar + O₂ - Argon + Kyslík

Směs plynu na bázi argonu a kyslíku. Kyslík by neměl ve směsi překročit 5%. Tento druh plynu se používá zejména při svařování vysokolegovaných ocelí, kde patří i nerez. Nejvíce používanými plyny jsou: 97%Ar + 3%O₂, 99%Ar + 1%O₂. [10]

Ar - Argon

Tento interní plyn je nepoužívanější pro svařování. Také vhodný pro svařování hliníkových materiálů, měděných slitin, titanu atd. Využití u metody MIG, ale je také používán jako ochranný plyn při svařování metodou TIG wolframovou netavicí se elektrodou. Argon se prodává v několika stupních čistoty. Stupně se označují jako Argon 4,6, Argon 4,8, Argon 5,0. Čistota 4,6 znamená, že čistota plynu je 99,996%. Čistota 4,8 je 99,998% a čistota 5,0 je 99,999%. Rozdíly v čistotě jsou minimální ale rozdíly v ceně můžou být i v tisících korun. Pro hliníkové a měděné materiály se používá Argon 4,6. Argon 5,0 se používá například pro titan. Argon 4,8 tam kde chceme větší kvalitu. [10]

Ar + He - Argon + Helium

Interní plyn používající se zejména při robotizovaném nebo automatizovaném svařování. Helium ve směsi může být až 95%. Helium, které je ve směsi, zvyšuje teplotu v oblouku a to můžeme využít při ručním svařování silných materiálů. Helium nám také zvyšuje cenu směsi, proto se nejčastěji používá směs 70%Ar + 30%He. Použití tohoto plynu je stejné jako u čistého argonu.[10]

2.5 Svařovací dráty pro svařování metodou MIG/MAG (131/135)

Dráty, které používáme pro svařování v aktivních plynech vstupují do chemických reakcí s roztaveným kovem na konci elektrody. Dále v čase přenosu kovu v oblouku a nakonec s roztavenou svarovou koupelí, jsou složením přizpůsobené použitému plynu. Oxid uhličitý, který je nejčastější z používaných aktivních plynů při svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. CO_2 se při vysokých teplotách rozkládá, kdy vzniká oxid uhelnatý a kyslík podle reakce $\text{CO}_2 > \text{CO} + \text{O}_2$. Poté začne následkem oxidačního prostředí probíhat v roztaveném kovu reakce, které vytvoří oxid železa reagující s uhlíkem za vzniku oxidu uhelnatého. Oxid uhelnatý uniká z roztavené svarové koupele, a tím vzniká hlavní problém, který je pórovitost svaru. Abychom zabránili tomuto problému, musí kyslík jako produkt z rozkladu CO_2 při vysoké teplotě vázat. Vazby se dosahuje chemickým složením drátu, který má schopnost se vázat s kyslíkem. To nám umožňuje například křemík, mangan, hliník, titan, vanad, a pod.[2]

Svařovací dráty dělíme podle struktury jádra, zda je pevný drát nebo trubička. Dále podle chemického složení, které je také velmi důležité. Velký pozor si musíme dát také na vlhkost drátu na povrchu, která způsobuje problémy při svařování jako jsou například trhliny nebo pórovitost ve svaru. Dále mohou nastat problémy s navinutím cívky, která způsobuje nestabilní podávání a sváření.[11]

Pevný drát

Tento druh drátu má obvykle stejné složení jako materiál který svařujeme. Navíc má příměsi pro čištění materiálu při svařování. Nejpoužívanější průměry jsou 0,6 - 0,8 - 0,9 - 1 -

1,2 - 1,6 mm. Drát lze zakoupit v základním 15 kg balení nebo větším. Dráty, které jsou v cívkách mají různý průměr a chemické složení.[11]

Trubičkový drát s ochranným plynem

Jeho jádro je vyplněné granulemi tavidla. Tavidlo plní funkci stejnou jako obal u obalených elektrod. Toto tavidlo může být bazické, rutilové nebo speciální. Trubičkový drát má větší schopnost udržet stabilní oblouk, a tím zajistit větší a hlubší průnik do materiálu, ale i vzhledově hezčí svár bez dalšího opracování. Dále je menší tvorba pórovitosti a defektů. Bohužel musíme odstraňovat strusku. Nejpoužívanější průměry jsou 0,6 - 0,8 - 0,9 - 1,2 - 1,6 mm.[11]

3. Vliv svařovacích a technologických parametrů na tvar svarové housenky

Na tvar svarové housenky má vliv svařovací proud, svařovací napětí, rychlost svařování atd. Abychom docílili plnohodnotný a dokonalý svarový spoj je třeba zajistit správné svařovací podmínky v celém rozsahu. V průběhu svařování musíme zabezpečit proces, který bude mít nejmenší výkyv v nastavení hodnot a stabilní tepelný příkon. V dnešní době firmy spíše dbají více na produktivitu než na kvalitu. Jsou však i případy, kde se klade veliký důraz na kvalitu požadovaného svaru. Nastavení nejvhodnějších parametrů při svařování na poloautomatu nebo automatu má za úkol příslušný pracovník, který musí být obeznámen jednotlivými veličinami a jejich vzájemné ovlivňování. Při poloautomatickém svařování může svářeč produktivitu a kvalitu v značné míře ovlivnit. Při automatickém svařování svářeč dodržuje nastavené hodnoty s minimálním ovlivněním produktivity a kvality. Svařovací proud, svařovací napětí, rychlost svařování tyto faktory jsou důležité při svařování. Pomocí těchto veličin můžeme vyjádřit měrné vnesené teplo na jednotku délky svaru. Toto vyjádření nám už dopředu umožňuje poznat rozsah tepelného ovlivnění. Výběrem správných hodnot a jejich nastavení, které nám umožní zabezpečit sladění elektrických veličin s rychlostí svařování, při řešení metalurgických svařování. To nám zabezpečí výslednou kvalitu a mechanické vlastnosti svarového spoje.[2]

Kromě hlavních uvedených veličin, kterými jsou svařovací proud, svařovací napětí a rychlost svařování mají na tvar a rozměry svaru také vliv:

- proudová hustota,
- průměr drátu,
- polarita proudu,
- vyložení drátu,
- poloha svařování a úhel sklonu drátu a svařovacího hořáku,
- složení základního a přídavného materiálu,
- složení ochranného plynu, množství dodávaného plynu,
- předehřev, dohřev, pracovní teplota, mezi housenková teplota,
- rozměry a tvar svařovaných ploch ,
- měrné teplo vnesené na jednotku délky svaru.[2]

3.1 Svařovací proud

Svařovací proud má při svařování a navařování na tvar svarové housenky největší vliv. Se zvyšujícím se proudem se zvětšuje proudová hustota, velikost svarové koupele, součinitel roztavení a odtavovací výkon. Pokud bude konstantní napětí na oblouku, nastává při zvyšování svařovacího proudu vzrůst hloubky závaru " h_e " s mírným vzrůstem převýšení " h_a " a malým vzrůstem šířky " b ". Šířku housenky ovlivňuje napětí a postupová rychlost svařování. Při vysokém zvětšení svařovacího proudu vzrůstá rozstřík a velké nebezpečí přetavení svařované hloubky. Abychom předešli této chybě volíme svařovací proud vzhledem na tvar a rozměry spoje jako zkušební. Poté můžeme proud zvětšovat. Při navařování, kdy sledujeme vlastnosti návaru oproti základnímu materiálu, nemá být svařovací proud, zejména v první vrstvě návaru velký. Čím větší proud, tím víc základního materiálu v návaru. Dále musíme dbát rozměrech svarové koupele. Její rozměry jsou kritériem formování zejména v polohách. Proto při volbě svařovacího proudu musíme zohlednit ostatní podmínky a parametry svařování.[2]

Svařovací proud je veličina, která je v současnosti ve svařovacích zařízeních závislá na rychlosti posuvu drátu. Podle nastavení rychlosti posuvu drátu odebírá si drát ze svařovacího zdroje také množství proudu, jaké je potřeba pro jeho odtavení. Svařovacím proudem ovlivňujeme charakter přenosu kovu v oblouku:

- s rostoucím proudem roste frekvence přenosu kapek za čas,
- s rostoucím proudem se podle složení ochranného plynu ovlivňují síly, které účinkují na kapku,
- s rostoucím proudem se u drátu menších průměrů dosáhne větší frekvence přenosu,
- s rostoucím proudem se u drátu všech průměrů zvětšuje objem kapek,
- Svařovací proud by se neměl jen tak neomezeně zvětšovat, aby to nemělo vliv na tvar housenky. V současné době se při svařování ocelí metodou MIG/MAG volí svařovací proud přibližně 800 až 900 A, který závisí na tloušťce materiálu. [2]

3.2 Svařovací napětí

Svařovací napětí na oblouku představuje rozdíl mezi povrchem svarové koupele a koncem drátu. Podle napětí měníme délku oblouku. Napětí na odtavovací výkon má jen malý

vliv. Největší vliv má na šířku housenky. Když bude konstantní proud, má hloubka závaru " h_e " klesající tendenci. Změnou napětí podle $V - A$ se mění i proud, úměrně se vzrůstem napětí se mění i závar. Změny hloubky závaru při změně napětí jsou malé. Na zdroji se proud nastavuje podle odstupňovaných možností tzv. napětí naprázdno. Napětí na zdroji proudu je podle odporu svařovacího obvodu větší, jako skutečné napětí na oblouku. Při svařování v ochranných plynech CO_2 se požaduje napětí na oblouku přibližně o 2 nebo 3 V větší, jako při svařování ve směsném plynně obohacené argonem.[2]

Změnami napětí měníme účinky oblouku. Tím se ovlivňuje tvar a rozměr oblouku. Napětí při metodě MIG/MAG svařování se může měnit v omezeném měřítku. Vliv napětí na změnu přenosu kovu v oblouku s ohledem na ochranný plyn je takový:

- rozsah napětí v rozmezích 14 až 21 V se zabráňuje zkratovým přenos kovu v oblouku. Probíhá při velkém počtu kapek a malém proudu. Vzniká malá roztavená koupel a malá hloubka závaru. U směsných plynů obohacených argonem můžeme dosáhnout stabilní přenos kovu v oblouku při malém napětí a proudu ve srovnání s CO_2 .
- napětí nad 21 V probíhá přenos kovu v oblouku, který má i zkratový přenos ale i částečně bez zkratový přenos. Při tomto napětí je svarová koupel větší a větší hloubka závaru. Nejčastěji svařujeme v poloze vodorovně shora.
- rozsah napětí v rozmezích 22 až 27 V. Probíhá bez zkratový přenos kovu v oblouku.
- napětí nad 27 V probíhá sprchový proces a nebo bez zkratový přenos kovu v oblouku. Tyto typy přenosů závisí na druhu použitého plynu. Normální sprchový proces v CO_2 s jemnými kapkami nejde dosáhnout. Vliv napětí v tomto směru se projevuje na tvaru průřezu svaru.[2]

Základní nastavení napětí je často orientační hodnota. Napětí, které odebíráme s určitého zdroje svařovacího proudu, při kterém dosáhneme optimálního procesu hoření s minimálním rozstřikem, se poté upřesňuje doregulováním. Tento postup praktikujeme při rozdílech, které vyplývají mezi jednotlivými zdroji stejného typu. V praxi nevznikají při nastavování napětí problémy, pokud jsou známe souvislosti s parametry a podmínkami svařování.[2]

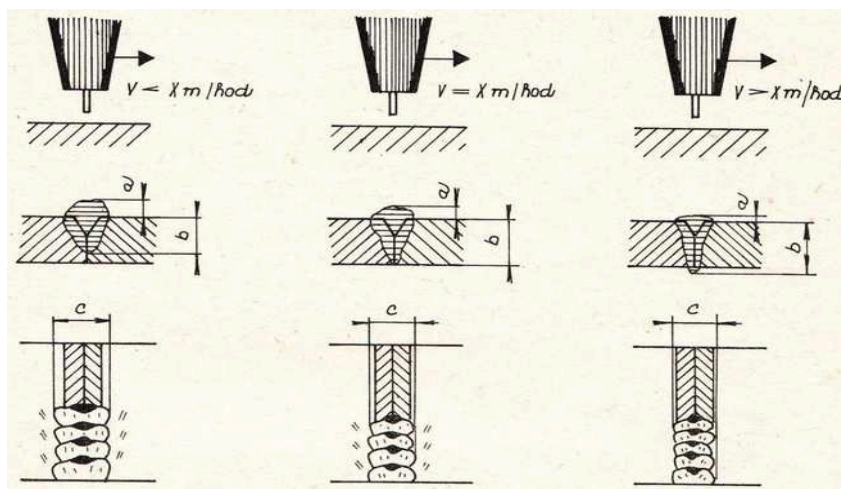
Nadměrné zvýšení napětí nám může zvýšit přepal. Čas, který kapka se dostane do styku s prostředím oblouku se prodlužuje. Důsledkem jsou chemické reakce, které nám ovlivňuje složení svarového kovu, a tím se nám mění i mechanické vlastnosti svaru. Svary při větším napětí jsou náchylné na pórovitost. Čím větší napětí, tím větší rozstřik. Velikost svarové koupele může být příčinou předbíhání tekutého kovu před oblouk. Vznikají těžkosti při

svařování v nucených polohách. Naopak nízké napětí může být příčinou nestabilního procesu, úzké housenky s velkým převýšením, když bude větší rychlost svařování. V tomto případě vzniká špatné nastavení na okrajích housenky. Tím máme namysli, že pokud budeme ukládat sousední housenky tak na okrajích vzniká nejvíce chyb svaru.[2]

3.3 Rychlost svařování

Rychlost svařování je další velice důležitá veličina, která se podílí na množství tepla odevzdaného na jednotku délky svaru. Často se používá při snaze zproduktivnit proces. Správné hodnoty, které nastavíme jsou závislé na parametrech a podmínkách se zřetelem na ochlazení a ohřev svařovaných tloušťek materiálu. Čím je rychlost svařování větší, tím rychleji odevzdává teplo před oblouk, a tím menší teplo je potřebné pro přehřev svarových ploch. Zvyšování rychlosti svařování také vzrůstá rychlost ochlazování materiálu po svařování. Tento případ je zejména u ocelí s vyššími mechanickými vlastnostmi po překročení rychlosti ochlazování se objevují chyby v celistvosti svarů. U normálních, běžných ocelí se rychlost svařování pohybuje od 10 do 60 cm·min⁻¹. U mechanizovaného svařování rychlosti dosahují až kolem 120 cm·min⁻¹. Rychlost svařování se projevuje na tvaru kráteru v roztavené koupeli a také na tvaru a rozměru průřezu svaru. Rychlostí svařování se ovlivňuje proud plynu, který proudí na ochranu místa svaru a jeho okolí.[2]

Rychlost svařování má vliv na tvar průřezu housenky. Čím menší rychlost svařování, tím se šířka housenky zvětšuje a také vzrůstá její hladký povrch. Hloubka závaru, která vzniká změnou rychlosti svařování je velká. Při postupném zrychlování svařování nám hloubka závaru roste a od určité rychlosti zase klesá.[2]



Obr. 8 Vliv rychlosti vedení hořáku[15]

3.4 Proudová hustota

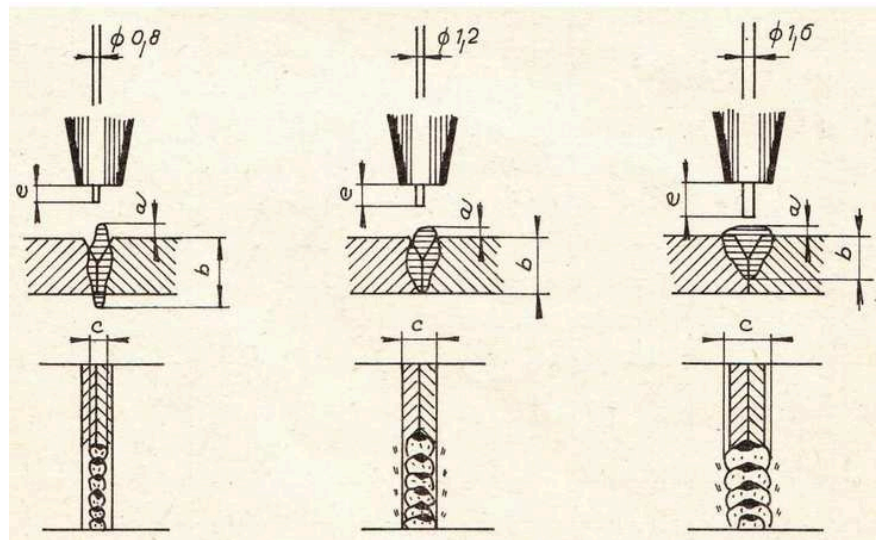
Proudová hustota je proudové zatížení drátu se zřetelem na jeho průřez. Proudová hustota má jednotku $A \cdot mm^{-2}$. Čím menší průměr drátu, tím nám proudová hustota vzrůstá. Drát, který má malý průměr a je zatížený velkou proudovou hustotou vytváří zdroj tepla s vysokou účinností. Vliv proudové hustoty na tvar průřezu svaru je podobná jako u svařovacího proudu. Když se nám bude zvětšovat proudová hustota, bude nám stoupat výkon odtavení a hloubka závaru. Když se nám bude zmenšovat proudová hustota, bude vzrůstat šířka housenky a klesá hloubka závaru s převýšením. Podíl základního materiálu ve svarovém kovu ovlivňuje proudovou hustotou. Čím menší průměr drátu, tím můžeme zamezit pohybovou volnost oblouku, a tím se nám oblouk koncentruje do požadovaného místa. Každý průměr drátu má omezenou horní a dolní hranici proudové hustoty. Průměry drátu od velikosti $\varnothing 0,8$ do $\varnothing 1,2$ mm je zatížení od 80 až po $100 A \cdot mm^{-2}$ nebo po horní hranici $300 A \cdot mm^{-2}$. Při svařování plněnou elektrodou nám vzrůstá proudová hustota, což zapříčiňuje změnu oblouku, než kdyby jsme svařovali s drátem plného průřezu, a tím se nám zmenší nebezpečí tvorby vodíku, tavných chyb a vzrůstá výkon svařování.[2]

3.5 Průměr drátu

S větším průměrem drátu potřebujeme i větší svařovací proud. U menšího průměru drátu se stejným proudem je větší součinitel roztavení, než při větším průměru drátu. Když vybíráme drát s ohledem na polohu svařování, druh spoje, hloubku zavařovaného materiálu ovlivňujeme jakostní a ekonomické hlediska. Nejčastěji používané průměry drátu jsou $\varnothing 1,0$, $1,2$ mm a nebo $\varnothing 1,6$ mm. Dráty s menším průměrem se používají spíše na svařování tenkých plechů. Tenké dráty při krátkém a dlouhém oblouku s konstantním proudem nám dodávají větší počet kapek, které se přenášejí v oblouku. Toto se nám projevuje zejména při vícevrstvých svarech a v kořeni, kde můžeme dosáhnout zvýšeného počtu kapek a větší hladkost povrchu housenky při menším proudě. V těchto případech je výhoda která vyplývá se zmenšeného rozstříku. [2]

Při volbě průměru drátu je také důležitá směrová stabilita délky drátu. Na zvětšení průměru drátu se v těchto případech řeší požadovaná stabilita. To znamená přívod drátu bez výkyv. V praxi při svařování vodorovně shora v přechodové oblasti mezi zkratovým a bez zkratovým přenosem kovu v oblouku, se dostatečně nevyužívá průměr drátu $1,6$ a $1,4$ mm,

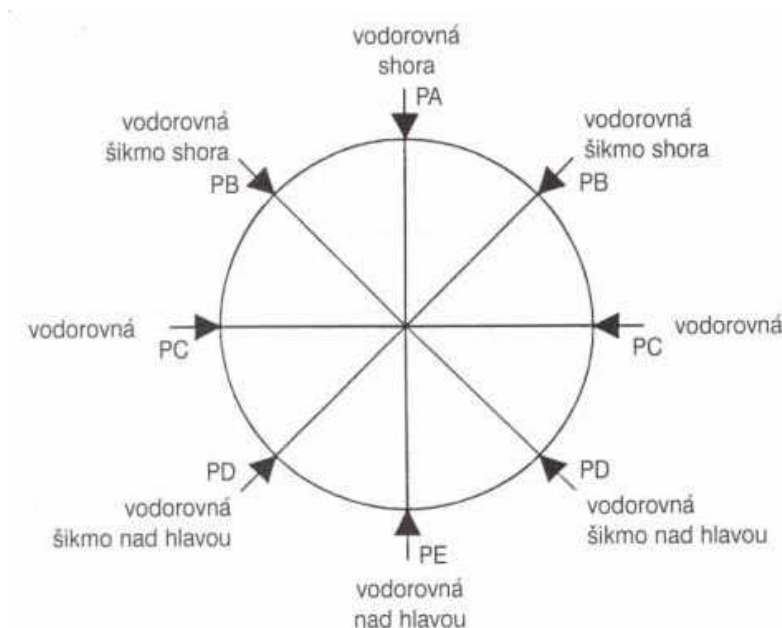
který je ekonomicky výhodný. Využívání průměru 2,0 mm je v současné době ojedinělé. Raději se používají v těchto případech plné elektrody. [2]



Obr. 9 Vliv průměru svařovacího drátu[15]

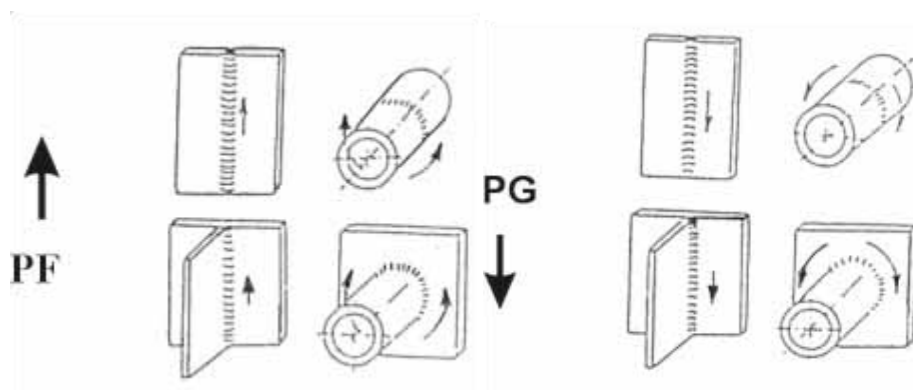
3.6 Úhel sklonu drátu a poloha svařování

U svařování v nucených polohách nám vznikají omezení. Tato omezení nám znemožní použít svařovací parametry, které jsou vhodné u základní polohy. Nad určitou hranicí tepelného příkonu, kdy se nám do svaru přidává přídavný materiál a teplo, tehdy vznikne svarová koupel velkého objemu. Takovou velkou svarovou koupel už síly povrchové napětí neudrží na svařovaných plochách pak převládají gravitační síly. Roztavený kov nám stéká. V každých polohách svařování existují zvláštnosti. Kromě těchto poloh uvedených na obr. 6 existují mnohé další mezilehlé polohy svařování, které se definují úhlem naklonění a úhlem otočení spoje. [2]



Obr. 10 Základní polohy při svařování dle ČSN EN ISO 6947[16]

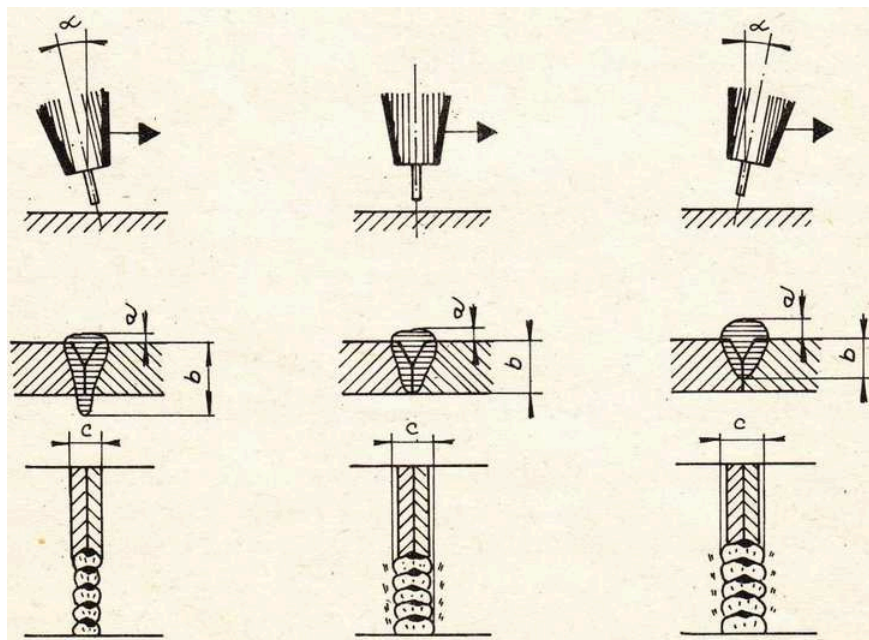
Dále k těmto polohám patří:



Obr. 11 Polohy při svařování[16]

Při svařování v různých polohách, kdy používáme svařovací dráty maximálně do průměru 1,2 mm se srovnáním se stejnými dráty a při svařování základní poloze zmenšuje svařovací proud okolo 15 %. U použití drátu o průměru 1,2 mm při svařování v polohách se dosahuje snížení až o dvojnásobek. Stejně jako napětí se omezuje na hodnoty vymezené pro zkratový přenos kovu v oblouku. Při svařování úhlem vpřed se možné dosáhnout zmenšení hloubky závaru, zvětšení šířky housenky a zmenšení převýšení při neznámých parametrech a podmínkách. V tomto případě se kuželový oblouk rozkládá na větší ploše. Hladkost povrchu housenky se zvětšuje. Rozstřík kovu je intenzivnější. Svařování úhlem vpřed se formují

kruhové svary malých průměrů a malých výšek svařovaného materiálu. V tomto případě se spolu zúšťňuje předsunutí drátu do polohy před nejvyšší bod svařovaného průměru. Bod dotyku drátu na kruhové ploše se nachází v poloze 11 až 9. Označení poloh je totožné s označením podle hodin. [2]



Obr. 12 Vliv sklonu hořáku na závar svarové housenky[15]

3.7 Vliv složení základního a přídavného materiálu

Vliv složení základního a přídavného materiálu je další důležitou oblastí na tvar svarové housenky. Tvar průřezu svaru ovlivňuje teplota tavení základního materiálu a přídavného materiálu, tepelná vodivost. Když svařujeme nelegované nebo nízkolegované oceli jsou rozdíly fyzikálních vlastností malé. U austenitických a vysokolegovaných materiálů je následek menší tepelná vodivost což vyžaduje korekci svařovacího proudu. U nízkolegovaných a středně legovaných se projevuje změna viskozity svarové koupele.[2]

3.8 Polarita a druh svařovacího proudu

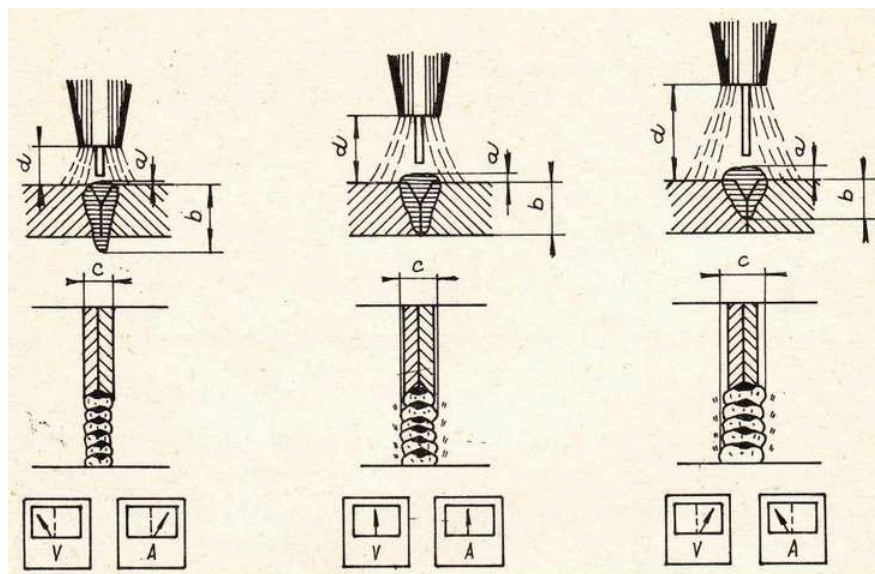
U svařování metodou MIG/MAG nejčastěji používáme jednosměrný proud a se zapojením s nepřímou polaritou. U přímé polarity jsou kapky na konci drátu delší a setrvávají déle což má za následek větší rozstřík. U drátů s vlastní ochranou se vyžaduje zapojení s přímou polaritou. Zapojení s nepřímou polaritou je u plněných elektrod s kyselou nebo rtuťovou naplní. Metoda MIG/MAG se zapojením na přímou polaritu se používá ve

výjimečných případech u mechanizovaného svařování silnostěnných materiálů v malé mezeře a úkosu. V mezeře vznikají elektromagnetické síly, která nám přispívají ke stabilitě procesu. Ke stabilitě přenosu kovu se podílí dynamické účinky oblouku. V těchto případech svařujeme s ochrannými plyny obohacenými argonem. U běžných aplikacích ručně - mechanizovaného svařování v CO_2 s plnými dráty používáme nepřímou polaritu. Průřez svaru má zvýšenou hloubku závaru, širší housenku a menší převýšení. U zapojení s přímou polaritou je hloubka závaru menší, převýšení větší a šířka housenky menší. Menší hloubka závaru a vyšší převýšení můžeme využít u navařování za účelem omezit podíl základního materiálu v návaru. Připojení záporného pólu zdroje se nám může podílet na deformaci průřezu svaru protože oblouk se podle místa připojení záporného pólu na svařence projevuje jako ve směru osy svaru.[2]

3.9 Volná délka drátu - vyložení

Vyložení je délka drátu měřená od ústí kontaktní koncovky hořáku k povrchu svařovaného materiálu. Vyložení nám ovlivňuje druh použitého ochranného plynu a průměr drátu. U plynu CO_2 při nastavování vyložení vycházíme ze vztahu $L = 5 + 5 \cdot d$, kde d je průměr drátu. Tam kde máme směsné plyny obohacené argonem se doporučuje zvětšit vyložení o 2 až 3 mm, protože u těchto plynů je větší oblouk. Toto vyložení drátu v těchto případech se volí se zřetelem na prodlužování oblouku v čase ukončení svařování. Tím nám vzniká nebezpečí na zařízeních bez speciálních uprav, že se nám bude upalovat kontaktní koncovka při ukončení svařování.[2]

Tím že se nám mění vyložení drátu z jakékoliv příčiny způsobuje změnu svařovacího proudu. Když se nám mění proud, mění se i hloubka závaru a zbytkové napětí svaru. Teplo, které je získané odporem vodiče se využívá na předehřev drátu. Změny proudu následkem tohoto efektu představují změny odebraného proudu ze zdroje svařovacího proudu a jsou přibližně o 10 až 20 A na každý 1 mm změny délky vyložení. Když máme velké vyložení drátu se nám také zhoršují podmínky ochranného plynu. Při sklonu hořáku v tomto případě nám nezaručuje přívod ochranného plynu do místa, kam potřebujeme. Při velkém vyložení se nám také zhoršuje stabilita drátu, hlavně tam kde je tenký drát. Velké vyložení je také velký rozstřík. Naopak když máme malé vyložení drátu to nám způsobuje tepelné namáhání kontaktní koncovky hořáku. Což má za následek intenzivnější zahášení hořáku rozstříkem.[2]



Obr. 13 Vliv délky vyložení[15]

3.10 Příprava svarových ploch

Svarové plochy, které chceme svařit by měly být upraveny na předepsaný tvar. Rozměry a tvar svarových ploch pro svařování v CO_2 určuje norma ČSN EN ISO 9692 - 2. Pro úpravu svarových ploch potrubí je norma ČSN 13 1070. Úkosity nejsou bez otupení. Dále nesmějí být ostřiny po teplém řezání. U svařování s rozdílnými tloušťkami materiálu u tupých svarů se doporučuje zúžit tlustší konec protikusu s úkosem 1 : 5 buď oboustranně nebo jednostranně. [2]

Pokud upravujeme plochy pro svařování tepelným řezáním u materiálů, kde se vyžaduje předehřev musí být materiál předehřátý. předehřev se musí aplikovat kvůli tomu, aby nevznikly trhliny a změny ve struktuře tepelně ovlivněné oblasti řezu. Když nemůžeme použít předehřev, tam kde potřebujeme, volí se přídavek na mechanické obrábění asi 0,25% tloušťky stěny nejméně však 5 mm. U tepelného řezání nesmí mít upravená plocha trhliny, okuje a jiné nečistoty. Materiály, které vyžadují předehřev se u svařování předehřeje místo řezu přibližně trojnásobek tloušťky materiálu, na každou stranu osy řezu, na požadovanou teplotu. Jednotlivé díly musí být z lícované a v kořeni závaru dodržené předepsané mezery. U rovnosti čel svarových ploch musí být kolmost, abychom mohli dodržet mezeru v kořeni a rovnost sváru. Stehy a umístění výztuh by mělo být v místech, kde se omezilo přídavné namáhání na nejmenší míru. Prasknuté stehy se musí vybrousit. Při stehování v místech počátku a ukončení musí být náběhové, sběhové nebo výběhové příločky. V případě počátku

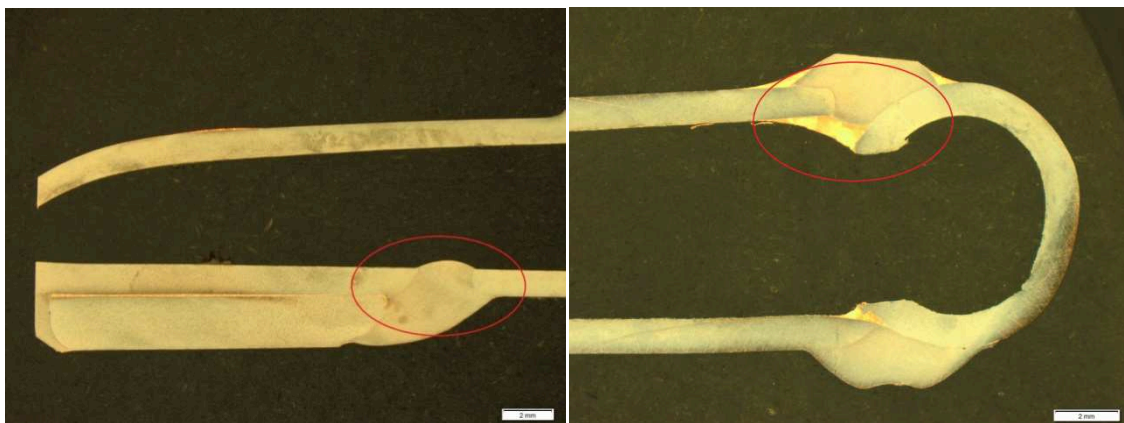
na nich přeběhne stabilizace procesu svařování ještě před náběhem na spoj. V případě ukončování se takto vylučují chyby svarů, které mohou vzniknout ve spoji. Před tím než budeme stehovat musíme se zbavit svarové plochy rzi, nátěrů, mastnot, vlhkosti a jiných nečistot. Očištění by mělo být nejméně 10 mm od svařovaných ploch. V případě kdybychom chtěli použít čištění v kombinaci odmašťovadel se nesmí použít trichlór z důvodu vzniku plynu fosgenu. Když budeme svarové plochy brousit, nesmí dojít se spálení. U přípravy svarových ploch, kde se dbá na kvalitu svaru nesmí zůstat zbytky brusného kotouče na těchto plochách. [2]

3.11 Volba svařovacích parametrů

U zařízení, kde potřebujeme nastavit svařovací parametry většinou výrobce poskytuje návod na obsluhu zařízení a instrukce, ve kterých se zohledňuje charakteristické zvláštnosti daného zařízení. Daný svařovací proud vyžaduje pro optimální hoření oblouku určité napětí. Napětí na oblouku se nastavuje podle typu zdroje na ovládacím panelu. Aby bylo dosaženo optimálního nastavení je důležité udržet trvale doporučený výlet elektrody pro každou svařovací polohu. Pro každý drát je určen optimální proud a napětí.[2]

4. Návrh svařovacích parametrů a provedení experimentů

Návrh svařovacích parametrů byl řešen z důvodu tvaru housenky, a aby nevznikl průvar základního materiálu na tenkostěnné trubce. To by mohlo omezit proudění chladicí kapaliny, nebo dokonce by trubka v místě bodnutí mohla prasknout. V mnoha kusech, které byly zhotoveny svařováním technologií 135 - MAG vznikaly vady. Tyto vady byly většinou typu průvaru tenkostěnné trubky, které nevyhovují požadavkům obr. 14. Stanovení optimálních svařovacích parametrů nám má zamezit, nebo odstranit tento problém. Vzniklé vady byly zaviněny nesprávným zvolením svařovacích parametrů, které jsme se snažily odstranit a zvolit vhodné svařovací parametry.



Obr. 14 Řez -vady typu průvaru základního materiálu tenkostěnné trubky

4.1 Svařování tenkostěnné trubky 135 - MAG svářečkou CO₂ KIT 400W

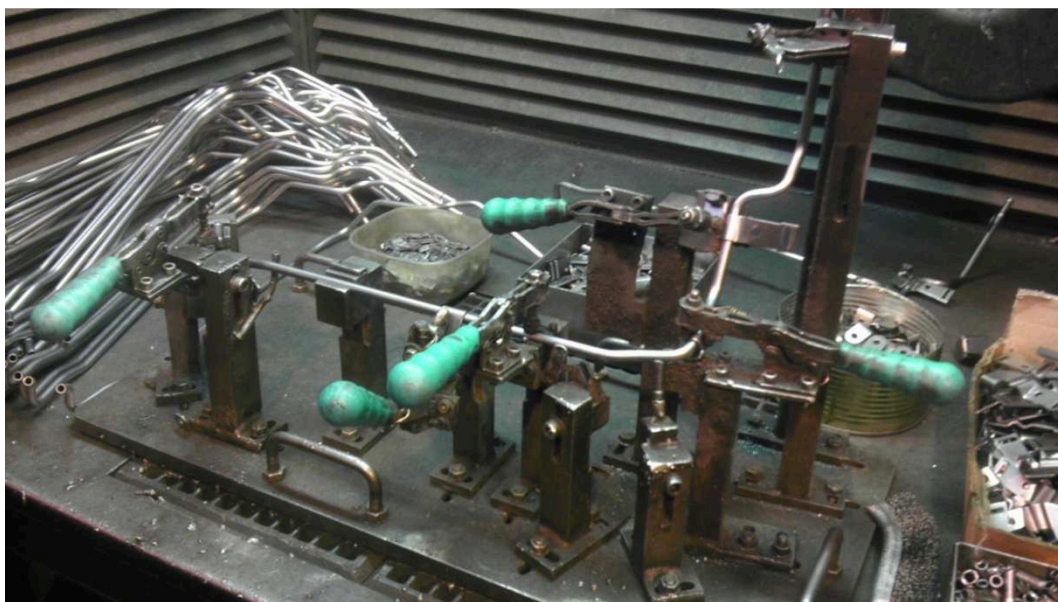
4.1.1 Používané strojní zařízení

Strojní zařízení, které zde používáme je typ CO₂ KIT W 400 STANDARD PLUS

Jedná se o svářečský stroj, který má dostatečné svařovací vlastnosti. Pracuje metodou MIG/MAG. Jednoduché na obsluhu. Má 40ti stupňovou regulaci napětí a vysoký výkon. Svařuje hliník, nerez a ocel. Svařovací proud od 30A. Svařovací stroj má dále tlačítko reset, pro rychlý návrat na výchozí nastavení. Možnost přepnutí ovládání na rukojeť hořáku.

Obr. 21 Svářečka CO₂ KIT W 400 Standart Plus[18]

Ještě před samotným bodováním se tenkostěnná trubka musela odmastit, protože i tento faktor má vliv na tvar a hloubku závaru. Bodování tenkostěnné trubky s označením 06J 121 075 bylo prováděno na pěti trubkách. Trubka se skládala z pěti držáků a úchytky. Samotná tenkostěnná trubka a vývodka má tloušťku 1mm a úchyty 2mm. Trubka se upnula do přípravku viz obr. 11. Ochranný plyn se zvolil CO₂ kvůli tomu, že je levný a na bodování úchytek a vývodek stačí. Použít ochranný plyn s příměsí argonu je zbytečné.



Obr. 15 Přípravek pro tenkostěnnou trubku

Jako svařovací parametry byly zvoleny:

Tab. 8 Parametry pro svářečku CO₂ KIT W 400 STANDARD PLUS

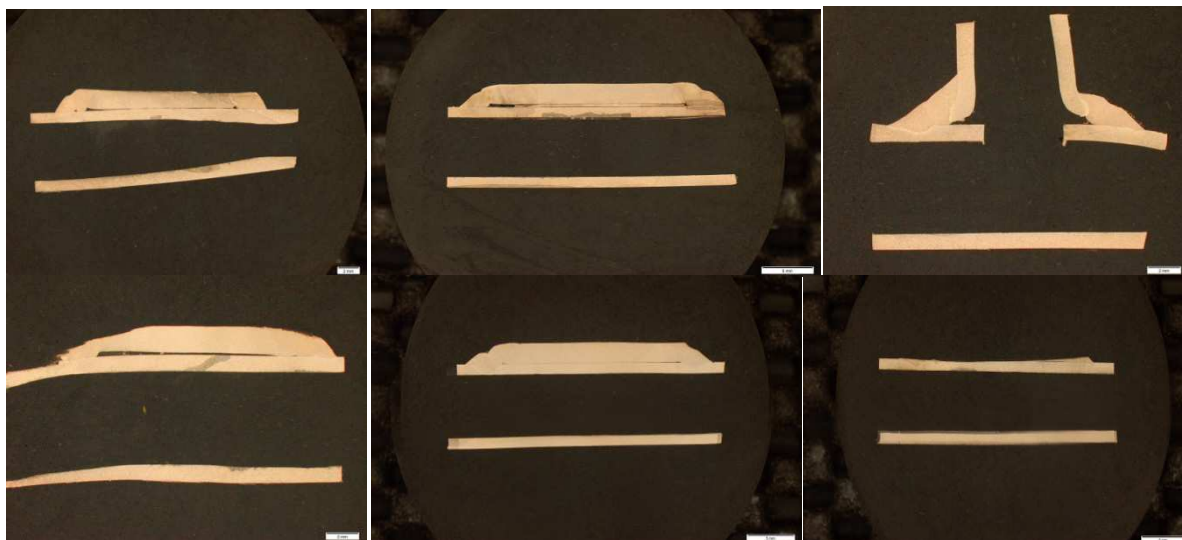
Rychlost posuvu drátu	Regulační stupeň 3
Napětí hrubé	Regulační stupeň 1 až 2
Napětí jemné	Regulační stupeň 2 až 5
Napětí na svářečce	21,3 V
Proud	114 A
Svařovací drát	OK 12.50 Ø 0,8 mm

Proud a napětí se při svařování nepatrně mění. Není konstantní.

Tab. 9 Vyhodnocení pěti trubek, které byly svařovány CO₂ KIT W 400 standart plus

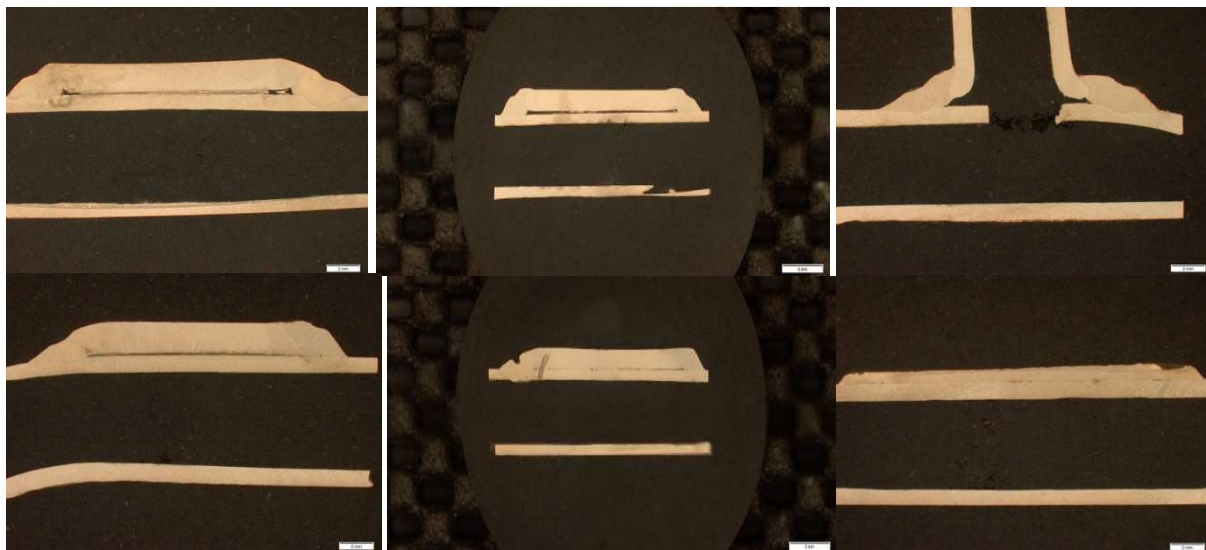
Vyhodnocení závaru trubky č. 06J 121 075 B					
č.řezu	trubka číslo				
	1	2	3	4	5
1.držák	Vyhovující	Vyhovující	Nevyhovující	Vyhovující	Vyhovující
2.držák	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Nepřivařeno	Vyhovující
3.vývod	Vyhovující	Vyhovující	Nevyhovující	Nevyhovující	Nevyhovující
4.držák	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující
5.držák	Nevyhovující	Nevyhovující	Nevyhovující	Nevyhovující	Vyhovující
6.držák	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující

V tabulce 9 vidíme, že bodování svářečkou CO₂ KIT W 400 standart plus není optimální. Všechny trubky jsou nevyhovující. Každá z pěti trubek má průvar základního materiálu nebo nepřivařeno. Tomuto nepříznivému faktoru by mohlo vyhovět automatizování, které by zaručilo správný úhel sklonu hořáku. Řezy byly provedeny v laboratoři ve firmě ZKL Hanušovice a.s.,.



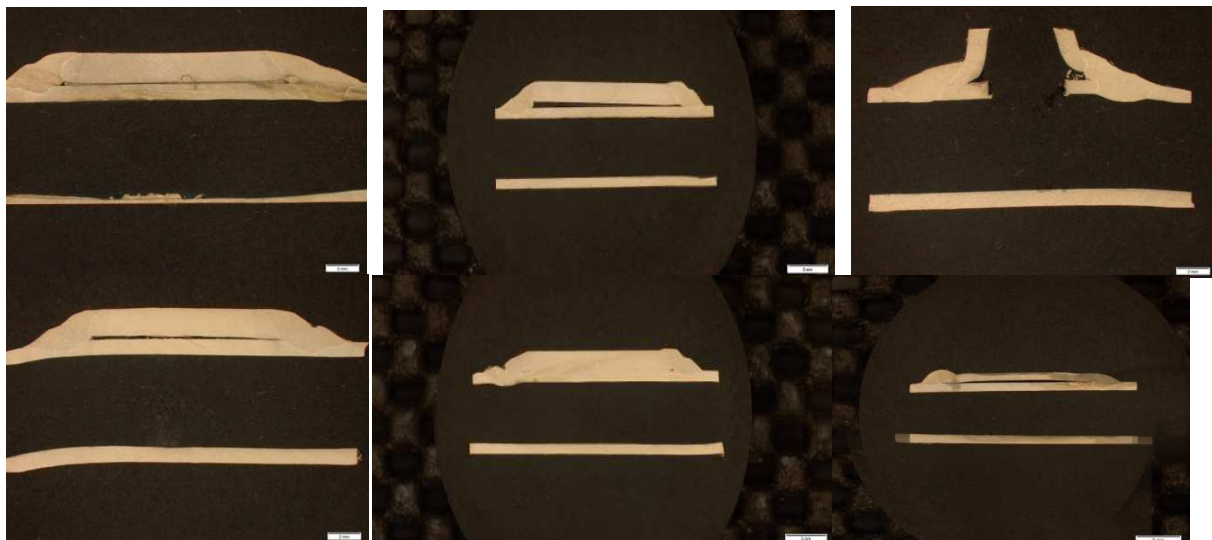
Obr. 16 Řezy tenkostěnné trubky č. 1

Trubka č. 1 : U trubky číslo 1 vidíme, že průvar je pouze u držáku č.5 jinak v ostatních úchytech a vývodek k průvaru nedošlo. Dá se říci, že první trubka dopadla uspokojivě vzhledem k tomu, že se používá jako ochranný plyn CO_2 a svařuje se s pomocí přípravku a s manuálním svařováním.



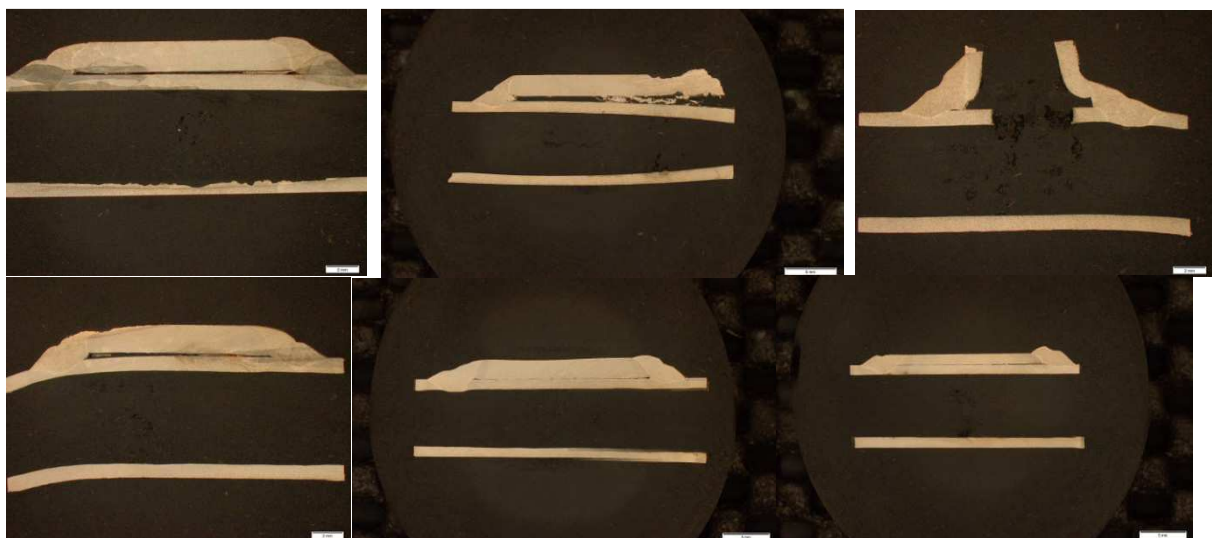
Obr. 17 Řezy tenkostěnné trubky č. 2

Trubka č. 2: Trubka číslo 2 dopadla stejně jako první svařovaná trubka, tedy průvar u držáku č. 5. Taky zde byl jenom jeden průvar.



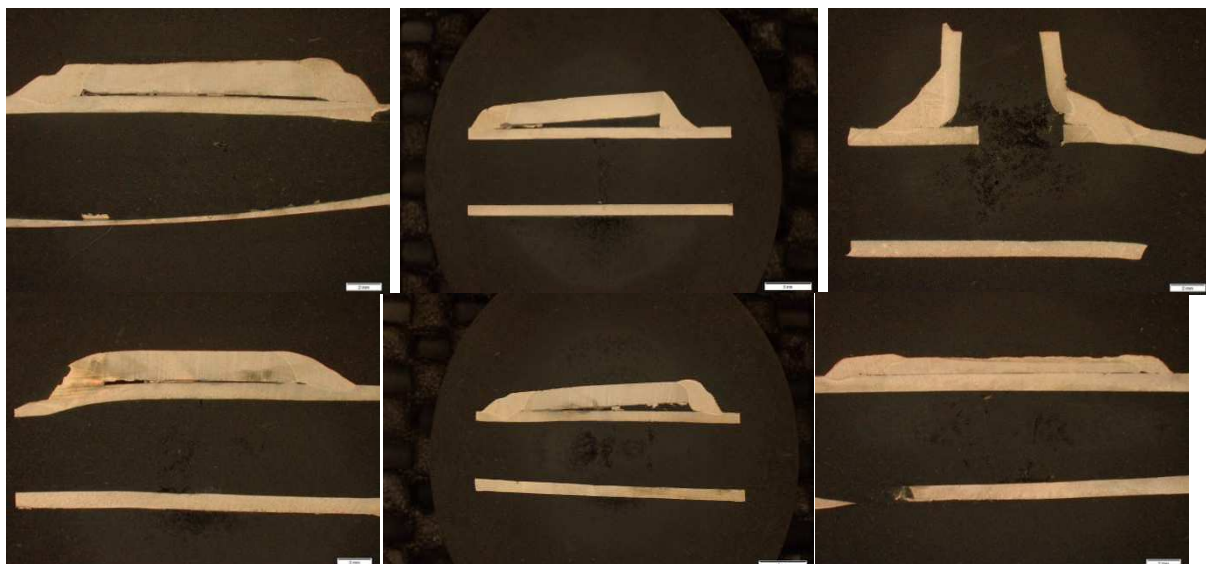
Obr. 18 Řezy tenkostěnné trubky č. 3

Trubka č. 3: U trubky číslo 3 vzniklo několik vad. Zde vidíme, že průvar nevznikl jenom na jednom místě, ale hned na třech. Držák 1, vývod 3 a držák 5. U vývodu č.3 vidíme, že průvar vznikl na obou stranách kde se bodovalo.



Obr. 19 Řezy tenkostěnné trubky č. 4

Trubka č. 4: Trubka číslo 4 dopadla ze všech pěti tenkostěnných trubek nejhůře. Držák č.2 je nepřivařený. U vývodu č.3 a držáku č.5 vznikly opět průvar základního materiálu. Je zřejmé, že obyčejná svářečka s CO₂ ochranným plynem nebude optimální.



Obr. 20 Řezy tenkostěnné trubky č. 5

Trubka č.5: Trubka číslo 5 dopadla stejně jako první a druhá, s rozdílem, že k průvaru došlo u vývodu nikoliv u držáku.

4.2 Svařování tenkostěnné trubky inventorem svařovacím zdrojem MIG/MAG (Transpulssynergic 2700)

4.2.1 Používané strojní zařízení

Strojní zařízení, které používáme je typ TRANSPULS SYNERGIC 2700

Jedná se o zařízení TransPuls synergic 2700 od firmy Fronius pro zkratový, krátký a impulzní oblouk. Svařovací zdroj je plně digitalizován a mikroprocesorem řízený. Má výkon 270 A. Integrovaný podavač drátu nám zaručuje použití v dílnách, stavebních nebo na údržbě. Zdroj zaručuje optimální svařovací vlastnosti a svařovací výsledky. Díky schopnosti multi procesního provozu lze svařovat metodou MIG/MAG, WIG a obalenou elektrodou. Zdroj je také přenosný. Je velmi precizní a zaručuje nejlepší vlastnosti svařování kdekoli a daném okamžiku.



Obr.27 Svařovací zdroj TransPuls Synergic 2700[19]

Při bodování tenkostěnné trubky zdrojem Transpuls synergic 2700 bylo použito opět pět tenkostěnných trubek s označením 06J 121 075 B. Bodovaly jsme pět držáku a jeden vývod. Výhodou této svářečky je synergické svařování to je vlastně celý svařovací komplet pracuje jako tým. Podavač drátu a zdroj pracují tak, že oba vědí co mají dělat a jaký proces právě použít. Synergetický podavač má okruh, aby mohl se zdrojem tzv. komunikovat. Jako ochranný plyn byl použit CO₂. Ve firmě byly provedeny vzorky i s ochranným plynem CO₂ + Ar ale osvědčili se lepší výsledky s čistým CO₂. Zde se také prování před svařováním odmaštění trubky a následně se také upíná do přípravku a manuálně svařuje. Svařovací parametry byly zvoleny:

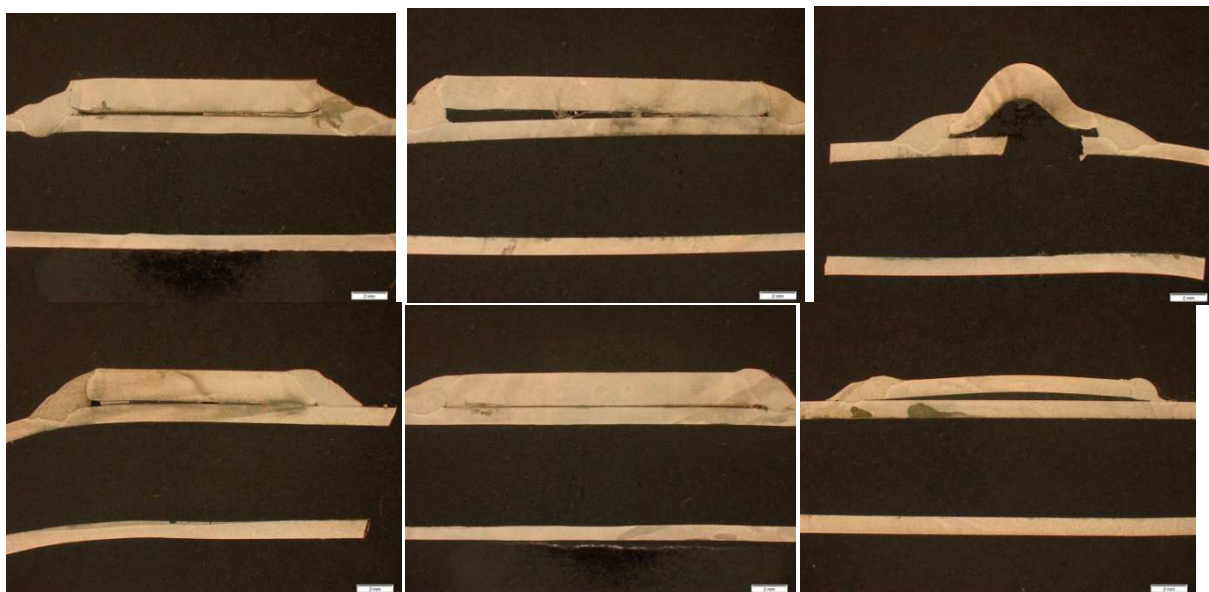
Tab. 10 Parametry pro svářečku Transpuls synergic 2700

Proud	49 A
Druh I/polarita	17,6
posuv drátu	2,7 m/min
rychlost posuvu	6 m/min
Ochranný plyn	Co
Přídavný materiál	OK 12.50
Průměr přídavného materiálu	0,8 mm

Tab. 11 Vyhodnocení pěti trubek, které byly svařovány Transpuls synergic 2700

Vyhodnocení závaru trubky č. 06J 121 075 B					
č.řezu	trubka číslo				
	1	2	3	4	5
1.držák	Nevyhovující	Nevyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující
2.držák	Vyhovující	Nevyhovující	Vyhovující	Nevyhovující	Vyhovující
3.vývod	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující
4.držák	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující
5.držák	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující
6.držák	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující	Vyhovující

V tabulce 11 vidíme, že při bodování svářečkou Transpuls synergic 2700 bylo o 56% lepší než se svářečkou CO₂ KIT W 400 Standart Plus. Zde vidíme, že se nám podařilo udělat dva kusy tenkostěnných trubek bez vady průvaru. Tři kusy jsou bohužel s vadou. Svařovat tenkostěnné trubky je velice obtížné. Jak už bylo řečeno u svářečky CO₂ KIT W 400 Standart Plus určitě by pomohlo automatizování tohoto bodování. Tímto by se nevyhovující trubky odstranily. Obrovský vliv má také pod jakým úhlem svářeč začne svařovat. Za optimální považujeme vyvážený, tedy pod úhlem 45° nebo, aby šlo více přídavného materiálu do úchytů a ne do tenkostěnné trubky.



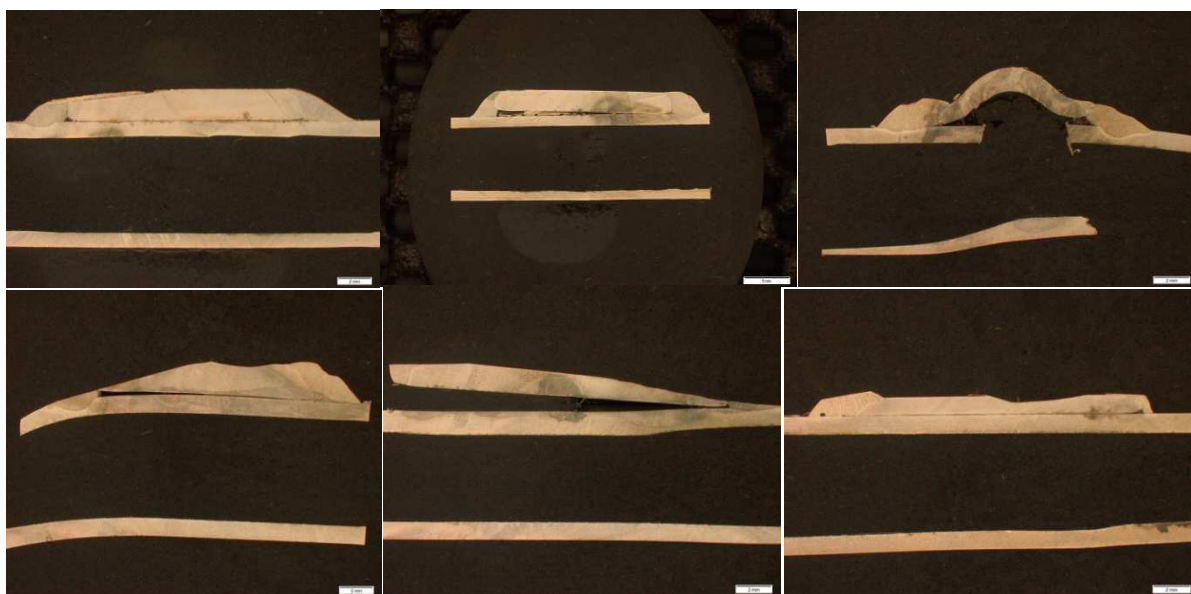
Obr. 22 Řezy tenkostěnné trubky č. 1

Trubka č 1: Trubka číslo 1 svařovaná Transpuls synergic 2700 není bez vady průvaru. Průvar vznikl u držáku číslo 1.



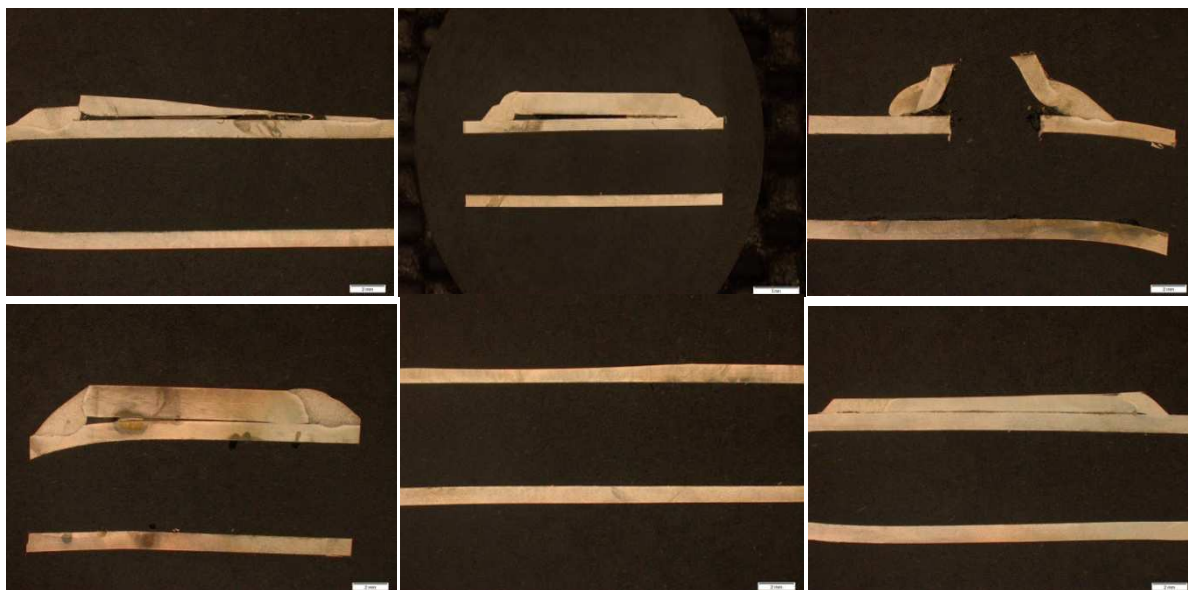
Obr. 23 Řezy tenkostěnné trubky č. 2

Trubka č. 2: Trubka číslo 2 nevyhovuje z důvodu, že jsou zde dvě vady průvaru a to u držáků číslo 1 a 2.



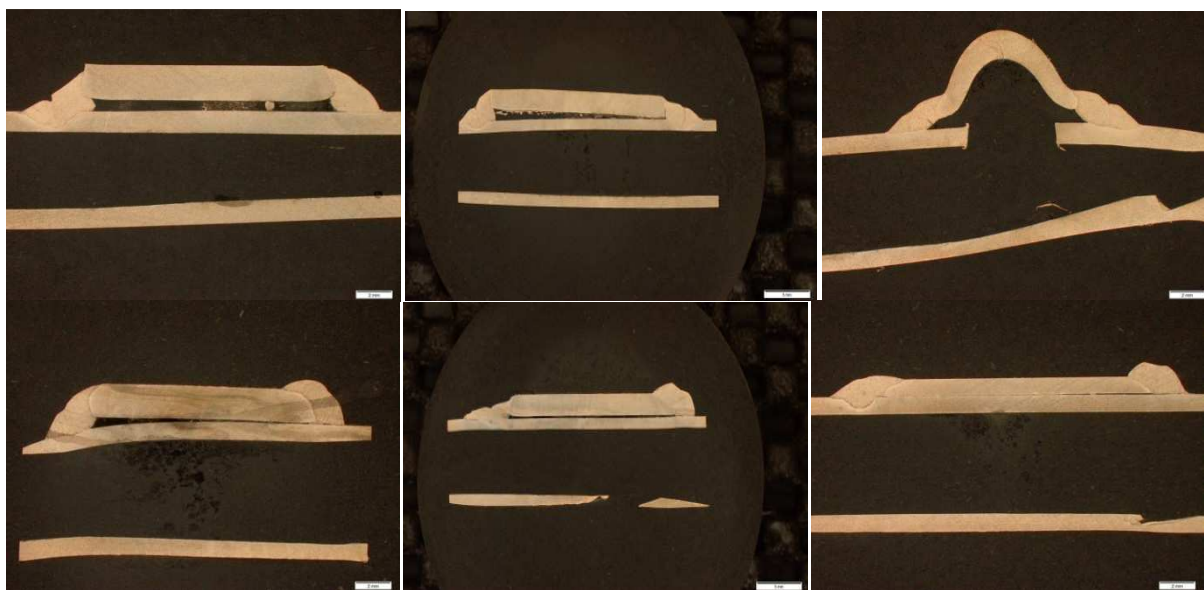
Obr. 24 Řezy tenkostěnné trubky č. 3

Trubka č. 3: U trubky č. 3 bylo docíleno toho, že nevznikl žádný průvar základního materiálu.



Obr. 25 Řezy tenkostěnné trubky č.4

Trubka č.4: Trubka č.4 je s vadou průvaru základního materiálu u držáku č.2. Jinak ostatní body, kde jsme trubku bodovali, vyhovují.



Obr. 26 Řezy tenkostěnné trubky č.5

Trubka č. 5: Trubka č.5 se nám opět podařila vyrobit bez průvaru základního materiálu.

4.3 Další zkoušené bodování svářečkou PowerWave 345M C

Další svářečka, která se použila na zkoušku je PowerWave 345M C. Šlo o pulzní svařování, kde jako ochranný plyn se použil $\text{CO}_2 + \text{Ar}$. Bohužel se ukázalo, že tento plyn není vhodný, proto se zůstalo u běžného CO_2 . Svařovací parametry byly zvoleny:

Tab. 12 Svařovací parametry svářečky PowerWave 345M C

Proud	110 A
Napětí	15 V
Posuv drátu	6 m/min
Rychlost posuvu	6 m/min
Přídavný materiál	OK AUTROD 12.51
Ochranný plyn	Ar/Co
Průtok plynu	12 l



Obr. 28 Láhev s ochranným plynem Ar/Co

4.4 Pájení tenkostěnné trubky v pájecích pecích

Pájení v pájecích pecích se zde aplikoval z důvodu toho, že vývodky a úchyty se pouze bodovaly, a to z důvodu, že pokud by se to svařovala celá konstrukce, vznikl by vždy průvar. Pájí se v pecích od firmy Mahler. Potom co byla trubka nabodována, přichází na řadu pracovník, aby nanesl pájecí pastu o kolo, kde jsme bodovali a chceme to připájet. Na vývodky se používá pasta s označením ML 100 D u úchytů je to pasta s označením ML 104

D. Tato pasta obsahuje měď. Pájecí pec má tři zóny o třech různých teplotách. První zóna má teplotu $1050^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, druhá zóna má teplotu $1070^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ a třetí zóna má teplotu $1090^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Rychlost pásu je $350 + 100 \text{ mm/min}$. Tlak ochranné atmosféry $3 + 1,5 \text{ kPa}$. Teplota v chladicí zóně je $40^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$.

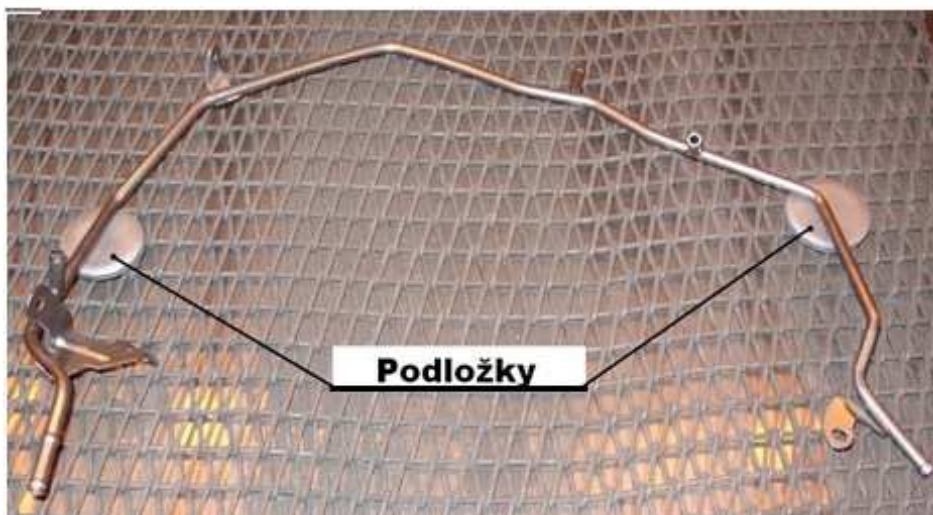


Obr. 29 Nasazení pasty-vývodka a příchyt



Obr. 30 Kompletní nanesení trubky pájecí pastou

Před tím než se tenkostěnná trubka vloží do pájecí pece musí se použít speciální podložky. Tyto podložky by se nemusely používat jenom kdyby trubka byla rovná a to z důvodů, že v pecích je okolo 1060°C a to by způsobilo deformaci tenkostěnných trubek.

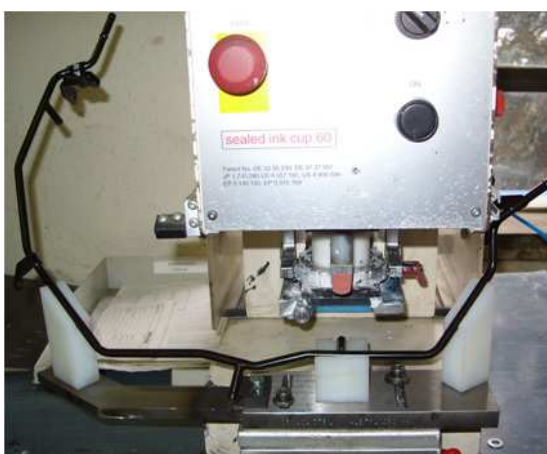


Obr. 31 Podložky pod tenkostěnnou trubku



Obr. 32 Tenkostěnná trubka po pájení v pecích

Po dokončení tohoto procesu se tenkostěnné trubky skládají do palety, které pak jsou přeneseny na jiné středisko, kde se nanese barva a označí se výrobním číslem každá tenkostěnná trubka.



Obr. 33 Značení tenkostěnné trubky

5. Závěr a zhodnocení dosažených výsledků

Problematika průvaru základního materiálu tenkostěnné trubky metodou 135 - MAG je v současné době hlavní problém firmy ZKL Hanušovice a.s.. Aplikace těchto trubek v automobilovém průmyslu je nezbytná, tudíž jsou kladeny na tuto tenkostěnnou trubku velké požadavky a to hlavně v tom, aby u bodování nevznikl průvar základního materiálu. Průvar základního materiálu tenkostěnných trubek je nastíněna i v této práci. Na tvar svarové housenky a tudíž i průvar má vliv mnoho faktorů. Mezi tyto faktory patří svařovací proud, svařovací napětí, posuv drátu, přídavný materiál, ochranný plyn, atd. V praktické části jsme tenkostěnnou trubku svařovali zdrojem CO₂ KIT 400W s ochranným plynem CO₂. Za vhodně zvolených svařovacích parametrů byl stav nevyhovující. Ani jedna z tenkostěnných trubek nebyla vhodná pro další použití. U každé z pěti testovaných trubek vznikl nevyhovující závar do základního materiálu. V další části jsme tenkostěnnou trubku svařovali zdrojem Transpuls synergic 2700 s ochranným plynem CO₂. Zde výsledky byly o mnoho lepší, než při svařování zdrojem CO₂ KIT 400W. U pěti testovaných tenkostěnných trubek, dvě trubky byly bez vady průvaru základního materiálu. Zde by se musela zavést kontrola každé trubky, což by bylo nepraktické a vznikalo by mnoho zmetků. Dalším zdrojem, který se používal byt PowerWave 345M C, který byl zkoušen s ochranným plynem Ar + CO₂. Bohužel tento ochranný plyn se ukázal jako horší, proto se vždy zůstalo u oxidu uhličitého. Bohužel při těchto metodách se svařovalo pomocí upnutí do přípravku a manuálně bodováno bylo vždy jasné, že konkrétní svářeč na boduje příchytka vždy pod jiným úhlem, to by mělo mít velký vliv na průvar základního materiálu tenkostěnné trubky. U svařování zdrojem Transpuls synergic 2700 s ochranným plynem CO₂ jsme docílili z pěti trubek, aby dvě trubky byly bez vady. Zde by se mohl v budoucnu navrhnout, aby ze stávajícího manuálního svařování firma ZKL Hanušovice a.s. přešla na automatizovanou výrobu. To by mělo za příčinu vždy správné dodržení požadovaného úhlu pro bodování tenkostěnné trubky a předejít vadě typu průvaru základního materiálu. Důležitým faktorem ovlivňující návrh využívaných technologií, je důkladné zhodnocení problémů a zvolení správné aplikace dané technologie. Dalším řešením by mohlo být svařování TIG bez přídavného materiálu, kde by se natavil základní materiál.

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomáhali při zpracování bakalářské práce. Tímto děkuji panu Ing. Vladislavu Ochodkovi, za rady, odborné vedení a připomínky při zpracování bakalářské práci. Déle bych také rád poděkoval panu Ing. Hynkovi Hufovi, konzultantovi bakalářské práce, za jeho cenné rady, připomínky a pomoc při zpracování této bakalářské práce a také za jeho čas.

Seznam použitých pramenů:

- [1]ZKL Hanušovice a.s, *O společnosti* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
<http://www.zklhan.cz>
- [2]KOPŘIVA, Róbert. *TECHNOLÓGIA ZVÁRANIA V OCHRANNÝCH PLYNOCH METÓDOU MIG/MAG*. Ostrava: Zeross, 1993. ISBN 80-58771-004-4.
- [3]*Rozbor materiálu* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
<http://www.czferrosteel.cz/pdf/trubky2-E275.pdf>
- [4]Trubky ocelové svařované přesné. [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
<http://arcelormittal.trade.cz/trubky-ocelove-svarovane-presne>
- [5]*ColdRolled Steel SheetforDrawing and Forming EN 10130 DC01 – DC06*. [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
https://flatsteel.iscor.com/fspcatalogue/DataSheets/UnCoated/Web_datasheet_b3.1.pdf
- [6]Dráty MIG/MAG. [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
[http://www.prodej.otsvamberk.cz/inshop/svarovaci-materialy/draty-mig-mag/nelegovane-oceli/\[id-1A50086900A\]-ok-aristorod-12-50-0-8-mig-mag.html](http://www.prodej.otsvamberk.cz/inshop/svarovaci-materialy/draty-mig-mag/nelegovane-oceli/[id-1A50086900A]-ok-aristorod-12-50-0-8-mig-mag.html)
- [7]*OK AristoRod 12.50* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
http://bcz.vamberk.eu/CD_CZ_9_2012/PDF/1_pridavne_svarovaci/D/D8/OK_AristoRod_1250.pdf
- [8]Svařování v ochranné atmosféře plynů. [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
<http://www.esab.cz/cz/cz/education/processes-mig-gmaw.cfm>
- [9]MIG/MAG (CO₂). [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/migmag-co2/>
- [10]MIG nebo MAG? Jaký je rozdíl?. [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
<http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocclanku=2007101501>

- [11] Pohled do technologie svařování - MIG-MAG. [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
<http://www.toolscomp.cz/technologie/pohled-do-technologie-svarovani-mig-mag/>
- [12] KOUKAL, Jaroslav a Tomáš ZMYDLENÝ. *Svařování I*. Ostrava, 2005. ISBN 978-80-248-0870-3.
- [13] OCHODEK, Vladislav. *Stanovení teploty přehřevu* [online]. Ostrava, 2012 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
http://www.domzo13.cz/dokumenty/vyuka/seminare/stanoveni_teploty_prehrevu_2012.pdf
- [14] Typy vad , příčiny jejich vzniku a hodnocení. [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
<http://www.cws-anb.cz/t.py?t=2&i=384>
- [15] Tipy pro MIG/MAG - vedení hořáku. [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
<http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocclanku=2009050601>
- [16] Polohy při svařování. [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
http://bahr.kahstudio.cz/met_polohy.php
- [17] *Hodnocení kvality svarového spoje* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z:
http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/TE1/def_kontrola_sv.pdf
- [18] Svářečka CO2 KIT W 400 Standard Plus. [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z:
<http://www.svarovaci-technika-znojmo.cz/svarecka-co2-kit-w-400-standard-plus-doprava-zdarma-poloautomat-mig-mag-chlazen-y-kapalinou-320.html>
- [19] TransPuls Synergic 2700. [online]. [cit. 2013-05-03]. Dostupné z:
http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-96FD90AE-A56F230C/fronius_ceska_republika/hs.xsl/29_1058.htm